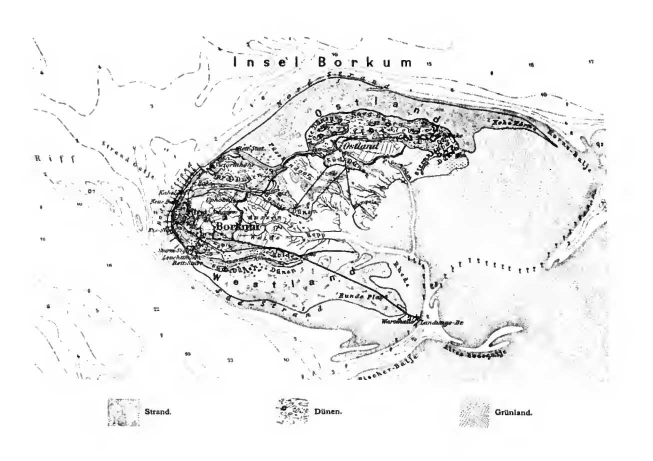



Insel Borkum
Ostland
Westland
Riff
Borkum
Strand.
Dünen.
Grünland.

Die Vegetation

der

Ostfriesischen Inseln.



Ein Beitrag zur Pflanzengeographie

besonders

zur Kenntnis der Wirkung des Windes auf die Pflanzenwelt

von

Dr. Adolph Hansen,

Prof. der Botanik
und Direktor des botanischen Gartens in Gießen.

Mit 4 photographischen Bildern und einer Karte.



Darmstadt 1901
Arnold Bergsträßer Hofbuchhandlung.

Floristisch ist die Pflanzenwelt der ostfriesischen Inseln, man darf sagen, in ausgezeichneter Weise durchforscht worden, was bei der Kleinheit des Areals und seiner bequemen Zugänglichkeit freilich keine allzuschwierige Aufgabe war. Seit Jahrzehnten von verschiedenen bekannten Floristen Norddeutschlands besucht, sind die Inseln in allen Winkeln durchsucht und die Kenntnisse nach und nach sorgfältig gesammelt und vereinigt worden. Buchenau machte 1871 den Anfang mit einem Aufsatze in den Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen[1], in welcher Zeitschrift auch später alles Wichtige über die Flora der Inseln aufgenommen wurde. So entstand eine Litteratur, die sich nun durch etwa 13 Bände der genannten Zeitschrift hindurch fortspinnt.

Buchenaus vergleichender Überblick über die Flora der Inseln, in welchem auch der bis heute ganz unverändert überlieferte Erklärungsversuch dieser Flora schon mitgeteilt ist, regte Nöldeke zur Herausgabe der ersten, inhaltsreichen und umfassenden Flora der ostfriesischen Inseln an.[2] Sie erschien zwar nur in Form einer Abhandlung, hat aber doch mehr als den bloßen Grundstein zu den heutigen Floren des Gebietes geliefert.

Auch Focke lieferte in größeren Abhandlungen wichtige Beiträge[3], und die Namen Dreyer, Lantzius-Beninga dürfen nicht vergessen werden.

Buchenau, periodisch thätig, diesen und in kleineren Mitteilungen anderer Autoren[4] gebotenen Stoff zu sammeln und durch eigene Beobachtungen zu vermehren[5], verarbeitete das gesamte floristische Material in seiner «Flora

[1] Buchenau, Bemerkengen über die Flora der ostfriesischen Inseln, namentlich der Insel Borkum, l. c. Bd. II, p. 201.

[2] Nöldeke, Flora der ostfriesischen Inseln mit Eieschluß von Wangeroog, Abh. Nat. Ver. Bremen. III, p. 93—194. 1873.

[3] Focke, Untersuchungen über die Vegetation des nordwestdeutschen Tieflandes. Nat. Ver. Bremen. II, p. 405. 1871.

Beiträge zur Kenntnis der Flora der ostfriesischen Inseln. l. c. III, p. 305.

[4] Citiert in der Flora v. Buchenau.

[5] Buchenau, Weitere Beiträge zur Flora der ostfriesischen Inseln. Nat. Ver. Bremen. IV, 217. 1875. Zur Flora von Borkum, l. c. V, 511. 1877. Zer Flora von Spiekeroog, l. c. V, 523. 1877. Fernere Beiträge zur Flora der ostfriesischen Inseln, l. c. VII, 73. 1880.

Flora der ostfriesischen Inseln einschließlich der Insel Wangeroog, III. Anflage, 205 S. Leipzig 1896. In dieser Flora ist auch der ganze allgemeine Text der früheren Abhandlungen verarbeitet.

der ostfriesischen Inseln», welche in drei Auflagen (III, A. 1896) erschien. Der Verbrauch dieses kleinen Buches giebt einen Maßstab für das relativ große Interesse, welches das Inselgebiet in weitesten Kreisen besitzt.

In dieser Flora, in welche der ganze Inhalt aller Specialabhandlungen (in der Einleitung vielfach wörtlich) aufgegangen ist, wodurch denn das Litteraturstudium sehr vereinfacht werden kann, sind die Kenntnisse der insularen Flora soweit zum Abschluß gebracht, daß nur im Reiche der Kryptogamen noch Ergänzungen zu machen wären. Die *Algen*, *Characeen* und *Pilze* sind in Buchenaus Flora noch nicht berücksichtigt.[1] Daß hier viel besonders Interessantes ausstünde, scheint mir nicht sehr wahrscheinlich, wenn auch die Vollständigkeit die Kenntniß dieser Gruppen erheischt. Die Algenflora des Meeres ist wegen der flachen, sandigen Küste eine dürftige. Nur das Gewöhnlichste kommt hier in geringer Menge vor. *Ulva* und *Cladophoraarten*, *Fucus vesiculosus* und *nodosus* und *Chorda filum* finden sich, immerhin aber spärlich, an den Strandbuhnen und an der Reede. Florideen, die hier kaum die Bedingungen ihres Gedeihens finden dürften, sind selten. Was nach Stürmen von *Ceramien*, *Porphyra*, *Delesseria* am Strande liegt, dürfte nicht aus der Nähe stammen. Aber auch die Algenflora der Inselgewässer, in deren zum Teil brackigem Wasser sich allerlei ansiedelt, ist, wie schon aus diesem Grunde begreiflich, kaum nennenswert. Auf den Gräben bei Upholm schwimmen zwischen *Ruppia* die fädigen Ballen von *Cladophora*, in den Gräben des Ostlandes bei Tüskendöör fand ich *Enteromorpha* und *Chara*.

Mit Leichtigkeit würde sich auch eine vollständige Liste der vorkommenden Algen der Flora anfügen lassen. Ich hatte mir diese Aufgabe nicht gestellt, wandte vielmehr der floristisch schon bekannten phanerogamen Vegetation der Insel meine Aufmerksamkeit zu, um den unten aufgeworfenen Fragen näher zu treten.

Erscheint beim Betreten der Inseln Vegetation und Flora dürftig, so wird man beim Durchstreifen dieser Sandflecke in der Nordsee bald eines anderen belehrt, ganz besonders auf Borkum. Man wird nicht nur erfreut durch das Auftreten einer Anzahl auch auf dem Festlande nicht überall gewöhnlicher Pflanzen, sondern besonders dadurch, daß statt der, wegen der Bodenverhältnisse erwarteten Eintönigkeit der Flora eine bunte Mannigfaltigkeit dem Beobachter entgegentritt. Sind doch immerhin, unter Ausschluß der angepflanzten und gelegentlich auftretenten Arten, 58 Phanerogamenfamilien mit 400 Arten auf dem ganzen Inselgebiet von nicht ganz 1 □ Meile vertreten, von denen gerade die Hälfte den Hauptstamm der Inselflora bilden.

[1] Einige Angaben finden sich bei Koch und Brennecke. Nat. Ver. Brem. X, 61.

Das erscheint nicht unbedeutend, da das nordwestdeutsche Tiefland nur etwas über 1000 phanerogame Arten beherbergt.

Focke hat schon gesagt l. c. II, p. 449, daß die Flora der Inseln eine bunte Musterkarte von Pflanzen des Waldes, der Heide, der Marsch, der Flußufer und des Seestrandes sei. Man kann ganz besonders hervorheben, daß die Elemente dieser Musterkarte viel weniger, als auf dem Festlande, ihrer Unterlage entsprechende einheitliche Formationen bilden. Nur die sogenannten Halophyten wie *Salicornia* und eine Anzahl Dünenpflanzen bilden wohl reinere Bestände, obgleich auch nicht überall und immer. Aber mit der Andeutung dieses bloß sinnfälligen Eindruckes scheint mir für das wissenschaftliche Verständnis noch wenig gewonnen.

Als ich den ersten Blick auf die Nordseeinseln werfen konnte, drängte sich mir die Meinung ziemlich unmittelbar auf, daß hier für pflanzengeographische Untersuchungen noch ein unbekanntes, man möchte bei so besuchten Inseln am liebsten sagen vergessenes, Gebiet vorliegt. Das ist eigentlich sonderbar, denn wir haben in den Nordseeinseln, in Mitteleuropa im ganzen seltene Erdenräume, wo eine urwüchsige, durch eindringende Kultur wenig gefährdete und thatsächlich schwer zu besiegende Pflanzenwelt lange Zeit Gelegenheit gehabt hat, sich mit den äußeren Bedingungen abzufinden. Die Kultur von Pflanzen ist wegen des Klimas hier keine erfolgreiche Aufgabe und daher nicht bedeutend, ihre Ausdehnung auf einen so beweglichen Dünenboden mit Ausnahme des «Helms» sogar so gut wie unmöglich, namentlich auch die Baumkultur ausgeschlossen. Die Einwanderung der Ruderalpflanzen bietet ebenfalls, da sie dem Klima nicht angepaßt sind und auch manche andere Ansprüche stellen, keine große Gefahr für die Änderung des Florencharakters. Abgesehen von der Flora der Wohnungen und Wiesen, ist das Hauptareal daher eingenommen von einer natürlichen Flora, die selbst sich gegenseitig Platz genug läßt, um unverändert zu bleiben.

Es ist zu erwarten, daß gerade hier der Ausdruck der Gegenseitigkeit von Vegetation und Lebensbedingungen besonders klar hervortritt, und damit nicht bloß eine Erklärung der Vegetation dieser Inseln gegeben, sondern auch Licht geworfen werden könne auf andere, vielleicht ferngelegene Gebiete mit gleichen oder ähnlichen Bedingungen. Vielleicht ist die Ursache des Übergehens der Inseln die reichliche floristische Litteratur selbst, welche, ohne ihre Schuld, die Meinung erweckt hat, hier sei längst alles bekannt und Neues nicht zu entdecken. Ich konnte durch das Studium dieser Litteratur nur zu einer entgegengesetzten Ansicht kommen.[1]

[1] Die Beobachtungen sind im Herbst 1900 gemacht worden, die Abhandlung im Februar 1901 dem Druck übergeben.

Ehe ich den Versuch der Lösung der Frage, die sich mir aufdrängte, unternehme, empfiehlt es sich, die Hauptthatsachen über Flora und Vegetation zusammenzustellen, wie sie mir durch eigene Beobachtung auf einigen der Inseln, namentlich Borkum, Norderney und Juist, bestätigt wurden. Bezüglich der Orientierung über einzelne Pflanzenarten kann ich am besten auf Buchenaus Flora verweisen, in welche das ganze von ihm und andern früher in den Specialabhandlungen veröffentlichte Material aufgenommen wurde, der Inhalt seiner eigenen zahlreichen Abhandlungen fast unverändert.

Die ostfriesischen Inseln bilden nach ihrer Größe geordnet folgende Reihe:

	□ km
Borkum	29,66
Norderney	21,44
Juist	15,55
Spiekeroog	14,52
Langeoog	13,40
Baltrum	8,07
Wangeroog	6,66.

Diese Zahlen sind von B. Trogwitz[1] angegeben und scheinen mir die richtigsten zu sein. Es finden sich in anderen Angaben über das Areal der Inseln mancherlei Abweichungen, die nicht bloß durch die naturgemäß in der Zeit wechselnde Strandgröße erklärt werden. Wegen dieser Unklarheit mußte ich mich für obige Zahlen entscheiden.

Unter den Inseln ist von Borkum als Beobachtungsfeld ausgegangen worden, was sich aus mehreren Gründen empfahl.

Borkum ist nicht nur die größte, sondern auch die pflanzenreichste Insel, was sich schon nach der Ausdehnung des Grünlandes (der Wiesen und Außenweiden) neben den Dünen erwarten läßt. Keine andere Insel zeigt das günstige Verhältnis und den Wechsel von Grünland und Dünen, die ihrerseits durch ihre Form, durch Gestaltung, Feuchtigkeit und reichlichen Pflanzenwuchs ihrer Thäler sich auszeichnen. Dazu kommt das reichliche Vorhandensein des Süßwassers im Innern der Insel in Form eines Baches, der dort entspringt, und von ausgedehnten stagnierenden Gewässern. Dieser wechselvollen Natur verdankt Borkum das unbedingt malerischste Aussehen unter der ganzen Inselreihe. Auch ihre geographische Lage läßt sie als bevorzugt für unsere Beobachtungen erscheinen, da sie vom Festlande am weitesten abliegt und daher jeglichen festländischen Charakters entbehrt, der in dem nur durch das seichte Watt von der näheren Küste getrennten Norderney, wenn auch nur hie und da, angedeutet ist.

[1] H. Wagner, Die Bevölkerung der Erde. VIII. Gotha 1897, p. 9.

Suchen wir, von ausführlichen Pflanzenlisten vorläufig absehend, ein pflanzengeographisches Bild der Inseln zu gewinnen, so kann die von Nöldeke und Focke zuerst angewendete, von Buchenau in seine Flora aufgenommene Gruppierung nach Standorten kein richtiges Bild geben, weil dadurch die Formationen zerrissen werden. Feuchtere Stellen der Dünen oder Sümpfe mit ihrer besonderen Flora bilden unter sich keine zusammenhängende Formation, ebensowenig die Heide. Es sind Teilerscheinungen der Dünenformation, bloße lokale edaphische Erscheinungen in jener.

Es lassen sich meiner Ansicht nach auf den Inseln nur drei pflanzengeographische Regionen unterscheiden:

1. Der Strand.
2. Die Dünen.
3. Das Grünland.

Das letztere bildet eine geschlossene, die beiden anderen tragen offene Formationen. Man glaubt gewöhnlich, der Strand sei gegenüber den wandernden Dünen relativ unveränderlich, überträfe sie jedenfalls an Beständigkeit. Doch ist meiner Ansicht nach gerade das Umgekehrte der Fall. Unausgesetzt wandert auf dem Strande die oberflächliche Sandschicht, durch den steten Wind getrieben, landeinwärts. Ich habe auf Borkum dies merkwürdige Phänomen oft beobachtet, während der Dünensand ganz unbeweglich dalag. So ist entschieden der Strand durch die größere Veränderlichkeit und die dadurch, wie ich glaube, bedingte Pflanzenarmut, die Dünen durch ihre relativere Stabilität mit reicherem Pflanzenwuchs gegenüber der Strandwüste charakterisiert.

Weitere Formationen anzunehmen, als die oben angegebenen, scheint mir nicht geboten. Besonders möchte ich den «Wattrand» Buchenaus ausschließen, weil das eigentliche Watt mit seiner phanerogamen Vegetation von *Zostera* doch nur zur Ebbezeit entblößter Meeresboden ist, der zweifellos zum oceanischen Florenreich und nicht zur Insel gehört.

Was Buchenau, noch weiter teilend, als obere und mittlere Stufe des Wattrandes unterscheidet[1], nämlich die Teile des Strandes, die entweder von der täglichen Flut oder nur von Springfluten bedeckt werden, rechnet man schon der Einfachheit wegen besser zum Strande, dessen Teile sie zweifellos sind. Die zweite Stufe des Wattrandes zu unterscheiden, hätte auch gar keine praktische Bedeutung, da sie überhaupt keine Vegetation trägt.

Indem ich die Genossenschaften, welche die genannten drei Formationen zusammensetzen, kurz schildere, gehe ich von der Insel Borkum als der

[1] Nat. Ver. Bremen. Bd. XI, 248.

größten und gegliedertsten aus. Ein Blick auf die zur Orientierung beigegebene Karte zeigt die Ausdehnung des Strandes, der Dünen und des Grünlandes. Der eigentliche Körper der Insel ist nur im Norden und Süden durch einen breiten ebenen Strandgürtel eingefaßt, während westlich sich nur eine ganz schmale Strandzone anlegt, östlich das Wattenmeer die Grenze bildet. Das Grünland wird von zwei nach Südosten offenen Dünengürteln umgeben, wodurch eine natürliche Teilung in West- und Ostland entsteht. Beide Dünengürtel sind bei Tüskendöör durch einen sehr schmalen Querriegel miteinander verbunden. An dieser Stelle wäre ein Durchbruch des Meeres am leichtesten möglich, wodurch dann Borkum in zwei Inseln zerfallen würde. Durch die verbindende Dünenkette wird in der Mitte der Insel noch ein drittes, von den Bandje- und Süddünen des Ostlandes umfaßtes Stück Grünland abgetrennt.

Das Grünland zerfällt in eingedeichtes Kulturland und die außerhalb der Deiche liegenden Außenweiden. Das eingedeichte Grünland ist im Ostlande ganz zu Äckern verwendet. Im Westlande nur zum kleinen Teil zu Äckern und Gärten benutzt, nimmt hier das größte Areal die Wiese ein. Obgleich nur in primitiver Form kultiviert, ist es doch eine Wiese im gewöhnlichen Sinne und bietet, auch wenn *Triglochin* oder *Oenanthe Lachenalii* sich gelegentlich hierher verirrt, nichts Bemerkenswertes vor einer Festlandswiese.

Von charakteristischem Aussehen dagegen und interessant durch eine ganz specifische, von den Dünen und dem Strande verschiedene und dabei merkwürdig vielgestaltige Pflanzengenossenschaft sind die Außenweiden. Diese vom Wattenmeer begrenzten, durch zahlreiche Wasseradern zerklüfteten Ebenen außerhalb der Deiche haben durch den vom Meere aufgeschwemmten alluvialen Schlick eine eigentümliche, weder dem Sumpf- noch dem Moorboden gleichende Bodenunterlage erhalten.

Ganz verschieden in ihrem Gesamtkolorit von der saftig grünen Wiese verschwimmt die Außenweide in braungrünen Tönen, die nicht zum wenigsten hervorgerufen werden durch die inselförmigen Juncusbüsche, welche den durch das Weidevieh niedrig gehaltenen Rasen überragen. Es ist in erster Linie *Juncus maritimus*, welcher von der Deichgrenze an zu herrschen beginnt und durch die steifen Büsche weit hin, aber nach dem Meere zu abnehmend als Charakterpflanze kenntlich ist. An der eigentlichen Rasenbildung nehmen außer den Gräsern eine Anzahl Pflanzen teil, welche diesen Teppich mit weben helfen, *Spergularia salina*, die zierliche *Sagina nodosa*, rosettenbildende Pflanzen wie *Leontodon autumnale*, *Plantago maritima* und andere. Den eigentlichen Charakter verleihen jedoch den Außenweiden die folgenden Pflanzen, wodurch sie von der diesseits des Deiches liegenden Wiese mit ihrer trivialen Flora von *Leontodon*, *Achillea*, *Sonchus*, *Lepidium ruderale*, welches seine eigentliche

Stelle auf den obersten Deichrändern so beharrlich einnimmt, daß es wie angepflanzt aussieht, scharf unterschieden sind.

Auf der oberen Außenweide näher der Deichseite mehren sich *Armeria vulgaris*, in reichlicher Menge auftretend, dazwischen *Erythraea pulchella*, eine zwerghafte, unserer Erythraea ähnliche Form, und bilden charakteristische Bestandteile der Formation. Den Rändern der Weidengräben näher halten sich *Inula britannica*, *Euphrasia Odontites*, die erstere eine auf dem Festland schon seltene Pflanze. Auch *Aster Tripolium* kommt hier schon stellenweise reichlich vor, gewinnt aber ihr eigentliches Terrain erst weiter in der Weide hinein. Die Gräbenabhänge sind die beliebtesten Standorte von *Triglochin palustre*, mit seinen langen Blüthenstengeln anffallend, von *Oenanthe Lachenalii, Samolus Valerandi*, während in den Gräben selbst sich eine sehr gemischte Sumpfvegetation von hier immerhin auffallender Zusammensetzung, von *Hippuris*, *Berula*, *Mentha aquatica*, etwas ganz niedrig bleibendem *Phragmites*, *Scirpus maritimus* und andern zusammengesellt. Wo in breiteren Gräben Wasserflächen frei werden, sind sie bedeckt von den schwimmenden Fadenmassen von *Ruppia* und *Zannichellia*.

Gehen wir weiter hinaus in die Außenweide, dem Watt zu, so mehren sich die Wasserlöcher und Tümpel. Der vom Vieh zertretene Boden läßt überall Wasseransammlungen bestehen und hier herrscht neben *Glaux maritima*, dem zierlichen Rasenbildner, *Aster Tripolium* Ende des Sommers auf den Weideflächen. Sich wenig mit ihren hübschen violetten Strahlenhäuptern über den Rasen erhebend, ragt sie an den geschützten Rändern tiefer eingeschnittener Wasserläufe als stattliche Pflanze hervor, ein geradezu auffallender Größenunterschied derselben Pflanze bei gleichen Bodenbedingungen. Zu ihr gesellt sich die originelle, dem heutigen Kunststil sicher sympathische *Statice Limonium*, ebenfalls violett blühend und die graugrüne *Artemisia maritima* sowie *Triglochin maritimum*. Es sind das Pflanzengestalten, die, hier an einem Orte versammelt, geeignet sind, bei einseitiger Betrachtung als ökologische Rätsel zu erscheinen. *Aster Tripolium* mit ganzrandigen Blättern, saftig und unbehaart. *Artemisia*, grau vom Haarkleide ihrer tiefgeteilten Blätter, *Statice* mit grundständiger Blattrosette und hartem, xerophilem Blütenstiele. Merkwürdig treten auf den Außenweiden immer wieder, trotz des Gemenges, kleine Genossenschaften auf kleinen Flächen hervor, bald ist es *Juncus Gerardi*, bald *Glaux*, die herrschen, und je mehr man sich dem Watt nähert, beginnt *Salicornia* aufzutreten, zuerst nur zerstreut und niedriger, dann zusammenschließend und dichte reine Formationen von ganz besonderem Charakter bildend. Auf dem schlickigen Strande selbst bleibt sie

meist allein übrig, erscheint immer lockerer und löst sich schließlich in einzelne weit auseinandergesprengte Individuen wieder auf.

Der größte Teil der eben genannten Pflanzen wird gemeiniglich als *Halophyten* bezeichnet. Ich halte jedoch eine solche Bezeichnung für gänzlich verfrüht, ehe geeignete experimentelle Untersuchungen über das Salzbedürfnis dieser Pflanzen vorliegen. Die Bezeichnung von *Aster Tripolium*, *Statice*, *Artemisia maritima*, *Cakile maritima* u. a. als *Halophyten*, bloß weil sie dem Meere ein Stück entgegengehen und auf einem durch gelegentliche Überschwemmungen kochsalzhaltig gewordenen Boden wachsen, halte ich für ungenügend begründet. Doch kann ausführlicher erst unten auf diese Frage eingegangen werden.

Wir wenden uns vorerst der zweiten Formation, dem Strande zu, der oben schon berührt wurde. Doch ist der Strand des Watts viel weniger scharf von den Außenweiden abgegrenzt als der eigentliche, den Dünen vorgelagerte Strand. Geologisch ist der Strand mit den Dünen zwar identisch, er besteht aus keinem anderen Material. Die Bedingungen sind aber doch wesentlich andere, durch die direkte Berührung mit dem Meere, und daher erklärt sich auch die Verschiedenheit des Vegetationsbildes von Strand und Dünen, welche wesentlich in der Pflanzenarmut des ersteren besteht.

Die ewig wiederkehrende, brandende Salzflut ist unduldsam und will nicht vom lebendigen Rasen umsäumt sein, öde und pflanzenleer dehnt sich der Strand von der Düne bis zur schäumenden Sturzwelle der Brandung. Eben, wie eine Tischplatte liegt die glatte, angefeuchtete Sandwüste vor uns. Wie ein gespenstischer Schleier schwebt der unausgesetzt landeinwärts wandernde Sand darüber, von der Höhe der Dünen gesehen, namentlich auf dem breiten, sich weithin bis ans Meer dehnenden Nordstrande Borkums, ein einziger Anblick.

Wir haben hier offenbar die beiden bisher noch nicht genügend bezeichneten Bedingungen, welche den Strand zur Wüste machen. Das Meerwasser und den beweglichen Boden. Vielfach scheint die Meinung verbreitet zu sein, daß ausschließlich der Kochsalzgehalt des Strandes diesen sauber halte. Es sind aber doch noch andere Momente, welche mir erwähnenswert erscheinen, Faktoren, die bisher nicht in Rechnung gezogen sind. Wenn man voraussetzt, daß Samen der Dünenpflanzen auf den Strand gelangen, so wird ihnen gar keine Zeit zur Keimung bleiben. Ehe die Befestigung der Samen durch die Keimwurzel, die erste Vorbedingung der Entwicklung, erfolgen kann, ist die Flut wieder da. Schließlich wird sie die losen Samen wieder fortspülen, wenn sie nicht etwa besondere Organisationen für ein festeres Haften auf dem Boden besitzen, wie dies bei *Salicornia* der Fall zu sein scheint. Aber wenn man nun weiter bald nach dem Eintreten der Ebbe den Strand

in Bewegung geraten sieht und der Wind die Oberfläche ohne Pause abhebt und fortführt, dann muß man sich überzeugen, daß für leichte Samen hier keine Möglichkeit gegeben ist, liegen zu bleiben und Wurzel zu schlagen. Ich glaube, daß diese Momente viel mehr in Anschlag zu bringen sind, um die völlige Vegetationslosigkeit dieser ausgedehnten Flächen zu verstehen, als der bis heute beliebte Hinweis auf die Schädlichkeit der Kochsalze im Boden für die meisten Pflanzen, soweit man sie nicht zu den *Halophyten* rechnet.

Ist doch am Wattstrande, wo der Sand von dem feinen Schlick bedeckt wird und daher nicht wandert, um Dünen zu bilden, wenigstens doch Salicorniavegetation weiter hinaus zu finden Warum sollte *Salicornia*, die angeblich Salzwasser liebt, es jedenfalls nicht fürchtet, wie ihr Vorkommen lehrt, sich nicht auch am Nord- und Südstrande von Borkum ansiedeln, wenn nicht ausschließlich Flut und Wind dies, jedes in seiner wirksamen Weise, verhinderten! Der Wind auch durch eine zweite, später zu besprechende Form des Angriffes auf das Pflanzenleben.

Erst da, wo die Flut unter gewöhnlichen Umständen nicht mehr hinreicht und der wandernde Sand durch Bildung kleinster Vordünen Halt macht, finden wir die erste stabile Strandvegetation, bestehend aus *Cakile maritima* und *Salsola Kali*, immer noch dürftig genug.

Wir betreten die dritte Formation, die Dünen. Es giebt wohl kaum eine eigentümlichere Bodenform als diese unbeständigen Sandhügel. Während wir sonst gewohnt sind, die Bodenerhebung, sei es Hügel oder Berg, als etwas Beständiges anzusehen, ändert die Düne Gestalt und Ort, sich zuweilen langsam ganz auflösend und, in ihren Sandkörnern wandernd, anderswo wieder auftürmend. Die Zusammensetzung der Dünen giebt uns die Erklärung für dieses Verhalten an die Hand. Dies gleichmäßige, wie gesiebt erscheinende Quarzpulver, mit der Lupe betrachtet, lauter gerundete fast gleichgroße glitzernde Körnchen zeigend, rieb und rundete die Meereswoge aus dem Gestein, und nach Auswaschen des Thones liegt dieser Quarzsand vor, als relativ reines Endprodukt. Mit ihren gerundeten Flächen sich wenig berührend, ist die Reibung der Sandkörner gering. Wie Glasperlen gleiten sie beim geringsten Anstoß aneinander vorbei und die Masse gerät in Bewegung. So ist die Verschiebung und Veränderung der Dünen leicht aus ihrem Material verständlich, aber die bewegende Kraft ist der Beherrscher des Meeres und seiner Gestade, der Wind. Wie er die Woge heraushebt aus der beweglichen Meeresfläche, so hebt er die wie Wasser bewegliche Sandschicht und fegt sie nach Belieben hierhin und dorthin.

Man sollte es kaum für möglich halten, daß auf diesem Boden eine

Pflanzenwelt sich ansiedeln möchte, aber das Leben haftet überall, wo nur der Schein einer Bedingung sich zeigt. So auch hier auf dem beweglichen Quarzpulver, welches der Keimpflanze sogar die erste Bedingung ihrer Existenz, die feste Unterlage, versagt und so arm ist an mineralischen Nährstoffen, daß sie nur schwierig den Kampf ums Dasein durchführen kann. Aber die Vegetation der Dünen, so sehr sie den öden Sandhaufen belebt, ist doch auch thatsächlich eine dürftige, wenn wir sie mit der anderer Bodenformen vergleichen und muß sich bescheiden gegen die Formationen geologisch begünstigterer Erdgebiete. Nur langsam kann diese Dünenvegetation vorwärts kommen, denn die Generationen wirtschaften in der Hauptsache mit dem gleichen Kapital und lösen sich daher mehr ab, als daß sie wachsen und sich vermehren. Aber doch ist auch hier ein fördernder Faktor vorhanden, der das beschränkte Nährstoffkapital ersetzt und, wenn auch langsam, vermehrt, derselbe mächtige Beweger der Düne, der Wind. Von der Strandlinie aus landeinwärts wehend, trägt er immer neuen Sand herbei, mit ihm in den zerriebenen Muchelschalen Kalk und andere Salze zuführend. Aber auch jedes zuwandernde Sandkörnchen kann Nährsalze für die Pflanzen mitbringen, denn an dem von der Meerflut befeuchteten und wieder getrockneten Sande haften, wenn auch nur in molekularen Schichten, die Salze des Meerwassers, nicht bloß Kochsalz, sondern auch Chlormagnesium, Magnesiumsulfat, Calciumsulfat und Chlorkalium. Es ist somit die Beweglichkeit der Dünen, so sehr sie den Pflanzenwuchs gefährdet, für diese doch in anderer Beziehung biologisch nicht ohne Bedeutung, da sie zugleich die Bewegung der Nährstoffe bedeutet, ohne welche eine dauernde Existenz der Vegetation kaum begreiflich wäre.

Wenn wir vom Strande in die Dünenwelt hinaufsteigen und diese Miniaturgebirge durchwandern, so ist der Eindruck unabweisbar, daß die Nähe des Meeres die Vegetation hemmt. Die vor kurzem aufgehäuften niedrigen Sandhügel der Vordünen sind schon aus diesem Grunde an Pflanzen arm. Spärliche *Psamma arenaria*, hier und da *Cakile maritima* liefern das erste Grün. Auch die zierlich beblätterte *Honckenya peploides* bildet hier halb im Sande vergrabene reine Bestände.

Aber auch die steileren schon älteren Dünenabhänge, die dem Meere entgegenblicken, tragen nur lockere, getrennte Pflanzenformationen. In erster Linie ist es auf Borkum und auch auf den anderen Inseln *Psamma arenaria*, hier »*Helm*« genannt, hie und da vermischt mit dem viel spärlicheren *Elymus arenarius*, welche die einförmige Belebung — denn Bekleidung kann man nicht sagen — der ersten Sandhügel am Strande bilden. In voneinander getrennten Büscheln wogen die langen, durch den Wind ausgetrockneten und

zusammengerollten, harten Blätter der *Psamma* im Winde. Die künstliche Anpflanzung des Helms auf vielen Dünen veranlaßt es schon, daß in diese Vegetation wenig Invasionen anderer Pflanzen stattfinden. Es sind aber offenbar auch wenige, die sich diesen exponierten Standorten anpassen können. *Cakile maritima, Salsola Kali, Plantago Coronopus, Sonchus arvensis* mit stacheligen Blättern, hie und da diese oder jene andere Dünenpflanze, sind die wenigen Gewächse, die die untere Dünenkette charakterisieren.

Man könnte diese als Genossenschaft des oberen Strandes bezeichnen, doch wäre das Wort Genossenschaft wegen der Zerstreutheit und des geringen Zusammenhaltens ihrer Bestandteile nicht besonders bezeichnend.

Auf dem Kamme der ersten hohen Stranddüne angelängt, öffnet sich erst das vom Strande so verschiedene und sich stets ausdehnende Bild der Dünenlandschaft. Nicht hebt sich Sandkuppe neben Sandkuppe, sondern muldenförmige, umschlossene oder zwischen Parallelketten sich lang hinziehende Thäler thun sich auf und hier, durch die mehrfachen Dünenketten geschützt, entwickelt sich nicht bloß eine vielgestaltige, sondern auch relativ üppige Vegetation.

In den flachen trockenen Thälern der ersten Strandketten tritt in Borkum sogleich eine charakteristische Genossenschaft, bestehend aus der vielgestaltigen *Salix repens* und *Rubus caesius*, die von *Psamma* noch begleitet werden.

In ihrer Physiognomie unterscheiden sie sich auffallend von letzterer. Während *Psamma* mit ihren Blattbüscheln steif aufrecht steht, breiten sich *Salix* und *Rubus*, dem Boden eng angedrückt, aus, schon auf die verschiedene Empfindlichkeit gegen das Seeklima hindeutend. Während *Psamma* allmählich gegen die See zu zurückbleibt, gesellt sich in den Thälern als drittes Element *Hippophaës rhamnoides* zu der genannten Strandvegetation, hier noch zerstreut, niedrig, oft kriechend auftretend (vgl. Bild 4). Erst im Innern der Insel erreicht diese Pflanze ihre beherrschende Stellung. Von diesem Dreibunde, *Salix*, *Rubus* und *Hippophaës*, giebt *Salix repens* schon der *Hippophaës* gegenüber das größere Feuchtigkeitsbedürfnis dadurch zu erkennen, daß sie sich den tiefsten Stellen der Dünenthäler anschmiegt, während *Hippophaës* auf die Hügel und Hänge umher hinaufsteigt. Dem grauen und trüben Kolorit, welches die drei Pflanzen den Dünenmulden leihen, gehen etwas Farbe einige Begleitpflanzen, von denen im Sommer neben der auf dem weißen Sande um so bunter erscheinenden *Viola tricolor, Leontodon autumnale, Sonchus arvensis* und als ganz besonders bemerkenswerte, reichlich verbreitete Charakterpflanze der Dünen *Jasione montana* (var. *littoralis*) hervorzuheben sind.

[1] Vgl. Buchenau, Flora v. Langeoog. Nat. Ver. Brem. IV, 233.

Diese Genossenschaften schließen, anfangs locker bleibend, enger zusammen, je mehr man von der See in die Dünen hineinwandert. Sie nehmen neue Elemente in sich auf und die Dünenwanderungen werden dadurch besonders anziehend, daß immer wieder von Zeit zu Zeit neue Florenelemente auftauchen, die, ohne den Gesamtcharakter ändern zu können, doch einen neuen Ton in das Vegetationsbild hineintragen. So tritt zu den genannten Sträuchern *Lotus corniculatus* hinzu, hier in der Konkurrenz mit andern zu aufrechtem Wuchs übergehend. An den Hängen der Dünen auf sandigem Absturz erheben sich isolierte Exemplare von *Sonchus arvensis* oft mit meterhohen Blütenstengeln. In den längeren, mit breiter ebener Sohle versehenen Thälern tritt die Bekleidung dieser zu den mit *Salix repens* bedeckten Seitenhängen in lebhaften Gegensatz. Hier ist der Boden vielfach durch geringe Mengen Humus grau gefärbt und trägt eine kurze Grasnarbe, untermischt mit andern Rasenbildern, wie *Galium Mollugo*, *Sedum acre*, auf deren grüner Unterlage sich um so mehr die kleine *Erythraea linearifolia* mit ihren roten Blüten abhebt. Dazwischen giebt es Strecken, bedeckt mit *Trifolium arvense* und anderem, auf denen *Calluna* sich ausbreitet, ohne aber eine eigentliche Heideformation zu stande zu bringen, die hier vielmehr ganz fehlt. *Hieracium umbellatum* in Menge und die Form von *Senecio Jacobaea* ohne Strahlenblüten machen diese Strecken noch charakteristischer.

Je mehr man sich dem Centrum der Insel nähert und mitten durch die Dünen dem Ostlande zustrebt, gewinnt *Hippophaës rhamnoides* an Areal und wird endlich zu einer alles beherrschenden Formation, nur einige Begleitpflanzen noch zulassend, wie *Pirola rotundifolia*, die in Mengen auf den Inseln wächst und an feuchten Stellen durch *Parnassia palustris*, *Epilobium angustifolium* ein etwas belebteres Bild darbietend. Die dornigen Sträucher mit ihrem silbergrauen Laube, selten über $^1/_2$ m hoch wachsend, bilden ganze, schwerdurchdringliche Dickichte, die, wenn man der Einbildung freien Lauf läßt und die Größenverhältnisse vergißt, hier die Dünenketten als kleine Waldgebirge erscheinen lassen.

Die Photographie (3), welche ich auf Borkum aufgenommen habe, giebt eine Vorstellung von dieser merkwürdigen Formation, besonders typisch wegen der Niedrigkeit ihres Wuchses und ihres Vorkommens hier an der Küste, weit entfernt von dem sonstigen Verbreitungsgebiet des Strauches. In diesem, auf der Karte durch den punktierten Pfad «von Upholm nach dem Ostlande» gekennzeichneten Gebiet liegen auch die breiten Sümpfe, welche Borkum auszeichnen. Ihre dichte Vegetation von *Juncus atricapillus*, *Schoenus nigricans*, *Agrostis alba* und einer Anzahl gemeiner Sumpfpflanzen, wie *Mentha aquatica* und zahlreicher anderer, wird ganz besonders durch das dominierende

Auftreten von *Parnassia palustris* verschönt und bezeichnet. Der Charakter ist hier berall ziemlich gleichartig. Dagegen bietet das lange, mit Sümpfen ausgestattete Thal der Kiebitzdelle manche floristischen Abweichungen. Von Sträuchern kommt hier neben *Salix repens* und *Hippophaës* auch etwas *Alnus glutinosa* vor. *Scirpus rufus*, *Epilobium palustre*, *Ranunculus Flammula*, *Rumex maritimus* geben hier ein etwas anderes Gepräge. Auf den sandigen Sumpfrändern thun sich *Calluna*, *Trifolium arvense* und *Silene Otites* zusammen, letztere besonders auffallend. Aber auch hier giebt *Parnassia palustris* dem Ganzen das Gepräge der Übereinstimmung der Borkumer Sümpfe.

Wenn hier eine ausführliche Aufzählung der Flora Borkums gegeben worden wäre, so könnte dieselbe strenge genommen nicht als Flora der ostfriesischen Inseln bezeichnet werden, da die floristische Thätigkeit eine Anzahl bemerkenswerter Verschiedenheiten auf den Inseln festgestellt hat. Allein, da wir es vorgezogen haben, die Vegetation Borkums wenn auch nur kurz zu schildern, so wird auch kein Florist etwas dagegen einwenden, daß die Vegetation der andern Inseln unseres Gebietes sich im wesentlichen auf die Borkums beziehen läßt. Das Bild gestaltet sich auf den andern Inseln vielfach einfacher, selbst auf der größeren Insel Norderney.

Aus diesem Grunde genügen wenige Bemerkungen über die anderen Inseln, um die in den floristischen Arbeiten ausführlich erörterten Unterschiede hervorzuheben.

Physiognomisch ist meiner Ansicht nach Borkum besonders durch die Hippophaësformation charakterisiert, die in Juist unbedeutender, in Baltrum, Langeoog und Norderney nur angedeutet ist und nicht die hervorragende Rolle spielt wie in Borkum. Ferner sind für Borkum hervorzuheben seine sumpfigen Dünenthäler mit ihrer Vegetation von *Parnassia*. Auch das Vorwiegen von *Rubus caesius*, *Silene Otites*, *Senecio Jacobaea* kann für Borkum hervorgehoben werden, ohne doch eine durchschlagende Verschiedenheit zu bedeuten. Dagegen kann das massenhafte Auftreten von *Pirola rotundifolia* als Begleitpflanze der Hippophaës- und Salixgebüsche, obgleich für die Physiognomie der Pflanzendecke bedeutungsvoll, nicht für Borkum allein in den Vordergrund gezogen werden, da sie auf allen Inseln mit Ausnahme von Wangeroog vorkommt. Auch ist der Vorrang Borkums in Bezug auf die Orchideen, unter denen *Gymnadenia conopea* und *Epipactis palustris* besonders genannt werden können, nicht hoch anzuschlagen, da diese doch nicht entfernt so bestimmend auf das Aussehen der Vegetation wirken als andere Pflanzen, schon deshalb nicht, weil ihre kürzere Blütezeit sie nur vorübergehend auffallen läßt.[1] Ich

[1] Es kommen außerdem noch von Orchideen vor *Orch. Morio*, *O. latifolia*, *O. incarnatus*, *O. maculata*, *Platanthera bifolia*, *Epipactis latifolia*, *Listera ovata*, *Liparis Loeselii*.

kann daher Buchenau nicht zustimmen, der gegenüber *Salix, Hippophaë, Lotus corniculatus, Trifolium arvense, Jasione montana* gerade *Epipactis palustris* und *Gymnadenia* als die «eigentlichen Charakterpflanzen der Dünen» bezeichnet (Flora der Ostfries. Inseln, p. 10). Diese Bezeichnung verdienen sie, so interessant das Vorkommen dort auch ist, in keinem Falle. Im Vorkommen dieser Pflanze liegt vor allem ebensowenig ein Schlüssel zum Verständnis der Flora wie in demjenigen von *Gentiana campestris* und einigen anderen. Gerade durch die falsche Wertung dieser Pflanzen wird die Aufmerksamkeit von denjenigen abgelenkt, welche die Lösung wichtiger Fragen darbieten könnten.

Die Hippophaësformation, welche oben schon berührt wurde, scheint mir schon wegen ihres Vorherrschens wichtig genug, um noch durch einige weitere Hinweise darauf aufmerksam zu machen. Ich halte das Vorkommen dieser sonst die Gebirgsströme begleitenden Pflanze hier mitten im Meere für besonders interessant, und kann mich weder auf den praktischen Standpunkt Buchenaus stellen, der sie als bloße Landplage charakterisiert, noch auf seinen ästhetisch-kritischen, daß sie auch dem Auge nichts Angenehmes darbiete.[1] Man kann darüber durchaus gegenteiliger Ansicht sein. Vor allen Dingen ist *Hippophaës* deshalb besonders interessant, weil sie auf den Inseln eine ganz besonders gestaltete, von ihrem normalen Wuchs ganz abweichende niedrige Formation bildet, deren Zustandekommen nicht ohne weiteres als Thatsache hinzunehmen ist, sondern eine wissenschaftliche Aufgabe bildet.

Hippophaës rhamnoides ist verbreitet von Norwegen und Schweden durch ganz Mitteleuropa bis zu den Kaukasusländern und Persien. Auf den Dünen der Ostseeküste ist sie nach Ascherson einheimisch und nicht selten, stellenweise in alten Beständen, im Binnenlande nicht selten angepflanzt und sich reichlich durch Wurzelsprosse vermehrend. Sie fehlt im Harz, Ostthüringen, Sachsen, Schlesien und Böhmen. In der Rheinebene findet sie sich im Elsaß und Baden. Ferner auf Sandgeschieben der Voralpen in Vorarlberg und Tirol längs der Etsch, um Trient u. s. w. Auch in Ober- und Mittelitalien begleitet sie Ströme und findet sich auf deren Kiesbänken. Unter ähnlichen Bedingungen im Kaukasus, in Nordpersien und Sibirien.

Warum findet sich dieser Strauch so massenhaft auf Borkum? Ist er hier einheimisch oder nicht? Ist er etwa eingewandert, weil er hier besonders günstige Bedingungen seines Gedeihens findet? Er heißt Sanddorn. Sand ist hier in Fülle, auch Luftfeuchtigkeit, deren er wohl bedürftig zu sein scheint, denn er findet sich in den feuchten Alpenthälern und auf den Sandbänken mitteldeutscher, süd- und osteuropäischer Ströme. Daß *Hippophaës* geradezu

[1] Buchenau, Die Pflanzenwelt der ostfriesischen Inseln. XI, p. 246.

die Inseln Ostfrieslands aufgesucht habe als glücklichsten Standort, das scheint mir durchaus irrig. Denn in den anderen Gebieten seiner Verbreitung wird er ein ansehnliches Bäumchen, hier ist er ganz offenbar ein Kümmerling und wird in der Regel nur kniehoch. Ich werde später nachweisen, daß ein solcher teleologischer Gedanke auch gänzlich hinfällig wäre. Es bleibt also nur die Frage: einheimisch oder nicht. Buchenau bezweifelt, daß der Strauch auf Borkum einheimisch sei (Nat. Ver. Brem. XI, 246), ohne eine Begründung anzugeben. Und doch würden zunächst viel leichter Gründe für das Einheimischsein auf Borkum beizubringen sein als für das Gegenteil. Buchenau neigt zu der Ansicht, daß *Hippophaës* vielleicht im 18. Jahrhundert von den niederländischen Dünen eingeführt sei, da sie an der ostfriesischen Küste fehle. Seine Angabe, daß sie im deutschen Nordwesten fehle, ist zu berichtigen, denn sie kommt in Schleswig-Holstein vor. Aus welchen Gründen *Hippophaës* nicht schon bei der Abtrennung Borkums vom Festlande übernommen worden sein soll, wird nirgends erörtert, und diese Annahme läßt sich doch nicht leicht abweisen. Man könnte einwenden, daß sie sich auf dem gegenüberliegenden Mutterlande nicht findet. Aber es sollte einen auch wunder nehmen, wenn in diesem seit langer Zeit so intensiv kultivierten Küstengebiet eine so kulturfeindliche Pflanze wie *Hippophaës* nicht längst ausgerottet wäre. Das Fehlen von *Hippophaës* an Ostfrieslands Küste, während sie sich nördlich und südlich findet, kann ich nur dem Eingreifen der menschlichen Kultur, diesem bedeutenden Faktor bei der Umgestaltung der Pflanzendecke der Erde, zuschreiben.

Daß *Hippophaës* auf den Inseln so ungleichmäßig vorkommt, auf Borkum und dem davon abgerissenen Juist reichlich, auf Spiekeroog und Wangeroog gar nicht, kann trotz des früheren Zusammenhanges der Inseln unter sich und mit der Küste nicht absolut unerklärlich erscheinen. Eine Arealunterbrechung kann auch früher vorhanden gewesen sein, denn man kann kaum annehmen, daß der ganze Küstenrand, dem die Inseln angehörten, ein zusammenhängendes Gestrüpp von *Hippophaë* gewesen sei. Vermutlich ist die Pflanze auf Borkum anfangs ebenso vereinzelt gewesen als andere Arten. Die mächtige Verbreitung aus kleinen Anfängen ist durch die für den Kampf ums Dasein hier ganz besonders passende Organisation dieser Pflanze ganz begreiflich. Sie konnte hier sehr leicht durch ihre langen Wurzeln, die reichlich Knospen erzeugen, den Sieg erringen.

Nach der Trennung der Inseln war freilich eine Verbreitung von Insel zu Insel jedenfalls sehr erschwert. Sie hätte nunmehr bloß durch die beerenartigen Scheinfrüchte geschehen können, mit Hülfe der Vogelwelt. Diese Verbreitungsart scheint mir hier wenig Aussicht zu bieten. Die Vogelwelt, die

auf dem Festlande Beerenfrüchte verzehrt und deren Samen verbreitet, ist hier nicht maßgebend. Hier herrschen die Mövenarten, Seeschwalben, lauter Vögel, die ihre Nahrung dem Meere entnehmen. Die Möven werden zwar als omnivor bezeichnet, aber ich möchte es stark bezweifeln, daß sie bei der keineswegs spärlichen Nahrung, die das Meer diesen gefräßigen Vögeln hinreichend bieten dürfte, sich an die Hippophaësbeeren machen. Sie besuchen, da sie sich am Strande halten, die eigentliche, im Innern der Insel liegende Hippophaësformation gar nicht, und ich zweifle durchaus, daß sie auch die Sträucher der Stranddünen abernten. Und auch dann würde das kaum der Verbreitung nützen, da wahrscheinlich die Samen mit den Exkrementen in die See fallen würden.

Es können also nur durchziehende Krähen und Drosseln sein, welche die Beeren fressen. Aber wenn solche Schwärme auf Borkum einfallen, sind sie auf der Durchreise zu ihrer Sommer- oder Winterheimat begriffen, und wenn sie sich hier gesättigt haben, ist wohl zweifelhaft, daß sie auch den andern Inseln einen Besuch abstatten. Sie werden weiterfliegen und die Hippophaësamen ganz anderswo verbreiten als auf den Inseln.

Ich halte es für wahrscheinlicher, daß *Hippophaës*, auf Borkum und Juist heimisch ist, als daß der Strauch von Holland herübergebracht sei. Das könnte nur durch Menschen absichtlich geschehen sein, worüber ich Belege nicht gefunden habe. Die Beschränkung auf wenige Inseln spricht nicht gegen das Einheimischsein.

Wenn wir nach dieser eingehenderen Berücksichtigung Borkums noch die übrigen Inseln ins Auge fassen, so darf man, trotz einiger Besonderheiten, ihre Vegetation als mit der Borkums gleichartig bezeichnen. Immerhin können einige Punkte zur Charakterisierung auch dieser Inseln hervorgehoben werden.

So hat Norderney eine Anzahl eigener Pflanzen. Was dem Besucher, der von Borkum kommt, sogleich auffällt, ist das reichliche Auftreten von *Rosa pimpinellifolia*, der man gleich begegnet, von *Helianthemum guttatum* und *Eryngium maritimum*, welches in den engen tiefen Dünenthälern zwischen Psammavegetationen reichlicher wächst als in Borkum. Nicht minder auffallend ist das Vorkommen von *Convolvulus Soldanella* auf den flachen Dünen des Badestrandes. Auffallend ist in Norderney das Zurücktreten von *Hippophaës*, die sich nur in einigen Dünenthälern findet, voraussichtlich sich aber auch hier ausbreiten wird. Der geringere Pflanzenreichtum Norderneys gegenüber Borkum erklärt sich aus den andern Bodenverhältnissen. Grünland ist in Norderney wenig vorhanden, daher die Pflanzen der Außenweiden, wie *Statice* u. a., spärlich vorkommen. Die geringere Tiefe der Dünenthäler, die zum Teil sehr flach und ausgedehnt sind und sich mehr wie Hochebenen ausnehmen,

bedingen größere Trockenheit, und weite Dünenstrecken im Innern Norderneys machen im Gegensatz zu dem bewachsenen Borkum den Eindruck der Sandwüste, wo nur *Weingärtneria* mit ihren blaugrauen Büscheln und *Jasione montana* neben etwas *Lotus* eine äußerst charakteristische, unterbrochene Vegetation bilden. Die Dünen des Südstrandes sind dagegen dunkelgrün und dicht mit *Salix repens* bewachsen. Auch der Strand zeigt manche floristische Eigentümlichkeit, so das Auftreten von *Linaria vulgaris* als Bewohnerin des äußersten Dünenrandes, das reichliche Vorkommen von *Atropis distans*, welche mit *Juncus Gerardi* und zwerghaftem, kriechendem *Phragmites* am Südstrande Norderneys an manchen Stellen kleine charakteristische Strandformationen bildet.

Die Insel Juist steht in mancher Beziehung Borkum näher als den andern Inseln, was begreiflich erscheint, da sie erst 1170 n. Chr. von Borkum abgerissen wurde. Aber Juist ist beträchtlich ärmer an Arten und durch seine sandige trockene Natur eintönig. Durch einige mit *Hippophaës* erfüllte Thäler gleicht es an diesen Stellen physiognomisch Borkum.

Auf Langeoog, dessen Flora von Focke und Buchenau zusammengestellt wurde, finden sich einige Borkumer Pflanzen wieder, die auf Norderney fehlen, z. B. *Epilobium palustre*, *Platanthera bifolia*, *Hierochloa* und *Calamagrostis*. Es fehlen dagegen die Charakterpflanzen Norderneys ganz, wie *Helianthemum guttatum*, *Parnassia palustris* und *Rosa pimpinellifolia*. Es fehlen auch *Rubus caesius* von Borkum und die meisten Orchideen von dort.

Spiekeroog ist reicher an Grünland und hat trockene, arme Dünenthäler, wenig *Pirola* und *Rosa*, dagegen viel *Statice*. Nach Buchenau hat die Vegetation seit 1868 sich bedeutend ausgebreitet, besonders *Psamma*, *Anthyllis vulneraria*, *Eryngium* und *Lathyrus maritimus*.

Wangeroog hat nach Buchenau eine kleine Anzahl charakteristischer Arten, z. B. *Teesdalea*, die auf den anderen Inseln selten ist. Häufig sind nach dem genannten Autor *Peplis*, *Hydrocotyle*, *Juncus supinus* und *Lycopodium inundatum*. Es fehlen *Pirola*, *Parnassia*, *Liparis*, *Gymnadenia*, *Listera* und die *Orchisarten*, *Carex trinervis*. Besonders auffallend ist das Fehlen von *Salix repens*.

Baltrum mit vorherrschend reinem Sandboden entbehrt einer großen Menge Formen der anderen Inseln und ist pflanzenarm zu nennen.[1]

Es ist zweifellos, daß, wenn man einen Vergleich der Floren der verschiedenen Inseln anstellt, sogleich Fragen auftauchen über die Ursachen der ab-

[1] Ausführlichere Pflanzenverzeichnisse der einzelnen Inseln sind bei Buchenau, Weitere Beiträge zur Flora der ostfriesischen Inseln, nachzusehen in Bd. IV, p. 217, der Verh. Nat. Ver. Bremen.

weichenden Florenbestandteile. Warum ist *Hippophaës* auf Borkum und Juist, anderswo kaum oder gar nicht, warum *Rosa pimpinellifolia* und *Helianthemum guttatum* auf Norderney vorhanden? Diese Fragen sind ebenso schnell gethan, was auch schon von allen Floristen geschehen ist, als ihre Beantwortung für schwierig oder unmöglich gehalten wird.

Ich kann aber nur den Standpunkt einnehmen, daß diese Fragen bloß als sekundäre zu bezeichnen sind und das eigentliche Problem, welches die Inselflora stellt, gar nicht treffen. Ich schiebe diese Fragen nicht beiseite, um der Schwierigkeit auf bequeme Weise ausweichen zu können, sondern weil die Fragen unbestreitbar sekundär sind: Wenn man plötzlich *Rosa pimpinellifolia* der Flora von Borkum hinzufügte und damit den Unterschied von Norderney beseitigte, würde etwa dadurch die nun gleiche Vegetation beider Inseln verständlicher? Ich glaube nicht. Aber nicht bloß die angedeuteten Thatsachen sind zunächst Nebensache, auch die Fragen, die sich daran knüpfen, sind sekundär, denn es sind lediglich Fragen nach der Wanderungsfähigkeit einzelner Pflanzen, die sich erst an die Hauptfrage anschließen, die aber noch gar nicht aufgeworfen wurde, was hier zum erstenmal geschehen soll. Die sekundären Fragen lassen sich auch gar nicht durch bloße Fragen und unfruchtbare Diskussion lösen, sondern nur durch Specialuntersuchungen. Man muß die Lebensweise von *Rosa pimpinellifolia* und anderer Pflanzen genau untersuchen, um zu erfahren, auf welche Weise sie sich über Meeresarme verbreiten können oder nicht, dann wird vermutlich die besondere Verbreitung, die heute als Rätsel vorliegt, ganz natürlich erscheinen.

In dem Vorstehenden ist versucht worden, zunächst die Grundlage, den thatsächlichen Zustand der Inselflora, zu geben. Es ist dabei vielfach auf die floristische Litteratur verwiesen worden und es könnte vielleicht scheinen, daß es gar nicht nötig sei, ein Gebiet, über welches schon so ausführliche Dokumente vorliegen, noch einmal in anderer Form zu beschreiben. Scheint doch die floristische Litteratur mehr zu geben, als hier geboten wird. Dort werden Fragen aufgeworfen, die hier, wenigstens vorläufig nicht gestellt werden. Eine kritische Würdigung der floristischen Litteratur wird demnach um so notwendiger, als eine Überschätzung leicht zu einem Stillstande in der Forschung führt.

Für denjenigen, welcher die Inseln genauer kennt und botanisierend durchstreift hat, sind die am Anfang genannten Pflanzenverzeichnisse ein wertvolles Material, um die Vorstellung von der Vegetation der Inseln jederzeit auffrischen zu können. Aber so wertvoll die Abhandlungen von Buche-

nau, Nöldeke und Focke sind, so sehr die Darstellung den Kenner der Inselflora mit Interesse erfüllt, so wenig findet der Pflanzengeograph hier Anhaltspunkte zur Beantwortung der Frage nach den eigentlichen Ursachen der Existenz dieser Inselflora. Trotz fleißigen Studiums gelang es mir nicht, weder aus den ausführlichen Pflanzenlisten, noch aus den Gruppierungen der Arten nach Standorten, wie dies zuerst von Nöldeke, dann von Buchenau in Abhandlungen und in seiner Flora geschehen, einen tieferen Einblick zu gewinnen in die Ursächlichkeit dieser ganzen Vegetationsgenossenschaft. Es liegt bei den genannten Autoren ganz offenbar das Bestreben vor, durch Gruppierung nach Standorten über die bloße Statistik hinauszugehen, aber die Einteilung der Flora in Ruderalpflanzen, Geestflora, Moorflora, Marschflora ist noch keine Lösung des pflanzengeographischen Problems, welches die Flora stellt, ja sie streift es gar nicht einmal.

Von Buchenau ist schon in seinem ersten Aufsatze (Verh. N. Ver. Brem. II, p. 213) versucht worden, das floristische Material unmittelbar zu pflanzengeographischen Schlüssen zu verwerten. Die Schwierigkeit, auf diesem Wege zu einem brauchbaren Resultat zu kommen, scheint mir besonders daraus hervorzugehen, daß auch in der letzten Auflage der Flora von 1896 zu den damaligen, 1871 gemachten Ausführungen nichts hinzugekommen ist und man sich noch immer mit den der Forschung wenig zugänglichen historischen Beweisversuchen begnügen muß.

Ich bin der Ansicht, daß floristische Ziele von den pflanzengeographischen viel zu verschieden sind, als daß die Erreichung der ersteren die der andern mitbedinge. Es ist oft das Gegenteil der Fall. Wenn z. B. das Namenmaterial in den Specialabhandlungen durch Hervorheben des Fehlens und Auftretens einzelner Arten zu verwerten gesucht wird, so kann das wohl die Flora der einzelnen Inseln noch näher charakterisieren, führt aber von pflanzengeographischen Zielen geradezu ab. Das Hervorheben der Verschiedenheit der Floren ist lehrreich, aber beides, das Fehlen oder Auftreten gewisser Arten, kann nicht ohne weiteres erklärt werden. Es trägt daher weniger zum Verständnis der Gesamtflora bei, als es dies erschwert. Das Fehlen oder Erscheinen einzelner Arten ist zunächst ein Rätsel. Denn man sollte bei den klimatisch gleichbedachten Inseln gleicher geologischer Abstammung eigentlich eher keine Besonderheiten erwarten.

Natürlich ist zuzugeben, daß für den reinen Floristen die Verschiedenheiten der Floren der einzelnen Inseln von besonderem Interesse sind. Er kann und muß sie hervorheben, um floristische Vergleiche anstellen zu können. Aber da die Erklärung dieser Ausnahmen sowohl an sich noch aus dem Bereich der Möglichkeit fällt, als auch nicht einzusehen ist, daß gerade diese

Ausnahmen, auch wenn sie für sich erklärt wären, das Vorhandensein und die Zusammensetzung der ganzen großen andern Flora aufhellten, so fragt man nicht mit Unrecht, warum man nicht lieber diese Ausnahmen vorläufig beiseite läßt und die den Inseln gemeinsame Flora einer eingehenderen vergleichenden Untersuchung unterwirft. Für die pflanzengeographische Frage muß die Berechtigung zuerkannt werden, das Gemeinsame an die Spitze zu stellen und von kleinen Unterschieden, die den Blick nur trüben können, zu abstrahieren.

Die auf Grund der floristischen Resultate zuerst von Buchenau (l. c. II, p. 202 und 203) ausgesprochene Ansicht, daß trotz gewisser Übereinstimmung «fast jede dieser Inseln ein eigentümliches Gepräge der Pflanzenwelt zeigt» und «neben den allgemeinen Vorkommnissen jede Insel sich in ihrer Vegetation specieller charakterisieren lasse», zieht sich durch die ganze Litteratur hin, ohne daß genügend erkannt und hervorgehoben wird, daß diese Verschiedenheiten bloße floristische sind, deren unmittelbare pflanzengeographische Verwertung zu ganz falschen Schlüssen und Ansichten führen muß.

Es ist nicht denkbar, die floristische Zusammensetzung der Vegetation aus sich zu erklären. Die systematische Zusammensetzung ist abhängig von gleichen oder ähnlichen biologischen Eigenschaften, was von den Floristen nicht erkannt wurde.

Die von Buchenau l. c. II, p. 203 für die Inseln Wangeroog, Spiekeroog, Langeoog, Baltrum, Juist, Norderney und Borkum hervorgehobenen Differenzen sind rein floristischer Natur. Wenn aber in den Abhandlungen der Versuch gemacht wird, daran pflanzengeographische Fragen zu knüpfen, so entsteht dadurch eine Vermischung zweier getrennter Gebiete, die trübend wirkt. Das Fehlen von Arten ist nicht unter allen Umständen ein pflanzengeographisches Problem und das Auftreten anderer vielfach bloße Bodenwirkung, ein ganz sekundärer pflanzengeographischer Faktor. Es ist klar, daß unter sonst gleichen Bedingungen eine Sumpfpflanze nicht auftreten kann, wo Wasser fehlt. (Vergl. auch Flora der ostfries. Inseln. III. Aufl., p. 18.) Die meisten Arten, welche für die einzelnen Inseln als charakteristisch angegeben werden, kommen, wenn auch nicht auf allen, doch immer auf einigen derselben vor, wodurch der Wert dieser Charakterpflanzen sinkt. Wie wenig diese extreme Wertschätzung der Ausnahme bedeutet, ergiebt sich aus ihrer Unfruchtbarkeit für die Erkenntnis. Nöldeke hat diese Schwäche des Buchenauschen Standpunktes sehr deutlich empfunden, indem er sagt (Nat. Ver. Brem. III, 119): «Zur Charakterisierung der Flora der einzelnen Inseln ist jedoch nicht allein darauf Gewicht zu legen, ob eine Pflanze überhaupt vorkommt, sondern darauf, ob sie häufig oder selten vorkommt, und hier

finden sich erhebliche Unterschiede. Für Borkum z. B. ist sehr charakteristisch, daß *Rosa pimpinellifolia*, wenn sie überhaupt vorhanden ist, jedenfalls sehr selten auftritt, ebenso *Eryngium*, daß ferner *Elymus arenarius*, *Ammophila baltica* nur spärlich sind und daß *Taraxacum officinale* anscheinend fehlt.»

Was sich aus diesen Thatsachen ergiebt, dem kann man durchaus zustimmen, nämlich daß der floristische und physiognomische Charakter der Inseln durch eine Pflanze beeinflußt werden kann. Jedermann wird es auffallen, wenn er von Borkum nach Norderney kommt, daß plötzlich *Rosa pimpinellifolia* dort so massenhaft wächst, dagegen *Hippophaë* hier in den Dünen ganz zurücktritt. Aber so sehr auch der floristische Charakter durch solche Vorkommnisse berührt wird, so hat das, wie ich unten zu beweisen hoffe, doch nicht zugleich eine pflanzengeographische Bedeutung. Der pflanzengeographische Charakter der Inseln, der nicht allein in den Arten der Flora liegt, wird trotz des örtlichen Fehlens von Arten derselbe bleiben, man muß nur versuchen, diesen Charakter aus den gemeinsamen Arten abzulesen, anstatt bei den Ausnahmen vor unlösbaren Rätseln stehen zu bleiben.

Es ist ja einleuchtend, daß das Verschwinden von Arten auch ganz unabhängig sein kann von pflanzengeographischen Verhältnissen. Wenn die Kurgäste auf Borkum *Eryngium maritimum* fast ausgerottet haben und dies vielleicht mit *Pirola rotundifolia* auch einmal geschehen wird, so wird der Florist das immer deutlicher merken, ohne daß darin eine pflanzengeographische Erscheinung liegt. So interessant auch die vergleichenden Betrachtungen sein mögen, welche man bei Nöldeke ausführlich nachlesen kann, so sind sie nicht für eine wirkliche Einsicht in die Existenz dieser Inselflora maßgebend. Meiner Ansicht nach ist die Frage nach der Ursache des Fehlens mancher Arten auf einzelnen Inseln, welche Buchenau wiederholt aufwirft, eine durchaus sekundäre, wie ich schon einmal bemerkte. Zunächst handelt es sich um Erklärung des Vorhandenen. Darüber aber wissen wir noch gar nichts. Durch diese Kritik soll der wahre Wert der floristischen Litteratur nicht herabgesetzt werden. Dieser bleibt unbestritten. Wir verdanken ihr die Kenntnis der Flora und die Erleichterung ihres Studiums. Es wird dagegen geleugnet, daß hier «der Schlüssel und das Material» für pflanzengeographisches Verständnis der Inseln läge (Buchenau II, p. 213). Hierin ist auch ein anderer, sonst kritischer Forscher etwas befangen, nämlich Focke, welcher sagt (Untersuch. über d. Vegetat. des nordwestdeutschen Tieflandes, p. 406): «Freilich läßt sich diese eigentümliche Blumensprache (der Pflanzenlisten) bis jetzt nur höchst unvollkommen entziffern und es wird noch vieler gründlicher Forschungen bedürfen, um das wissenschaftliche Verständnis derselben vollkommen zu erschließen».

Ich glaube meinesteils jedoch, daß diese Pflanzenverzeichnisse ewig stumm

bleiben werden. Der Fortschritt ist ganz unabhängig von weiterer floristischer Thätigkeit und neuen Namenlisten.

Buchenau und Focke haben beide bald nacheinander versucht, über die bloße Floristik hinauszugehen, aber sie sind doch nicht weiter gelangt als zu dem Versuch, die Flora historisch zu erklären. Ausgehend von der zuerst von Guthe und Peschel beachteten Thatsache, daß die Inseln eine Menge Pflanzen besitzen, welche der gegenüberliegenden Fetstlandsküste fehlen, sagt Buchenau das Folgende (Nat. Ver. Brem. II, 213): «Die Allgemeinheit der Erscheinung deutet auf einen tieferen Grund hin und es ist der Gedanke einer Einwanderung der Pflanzen auf die Inseln in der Jetztzeit, nach der Ablösung der Inseln vom Festlande durch einen Meeresarm, von vornherein zurückzuweisen. Jene Pflanzen sind nicht vom Festlande aus über den Meeresarm nach den Inseln gewandert, sonst könnten sie sich nur sporadisch auf der einen oder anderen Insel finden. (?) Sie blühen und wachsen vielmehr auf den Inseln seit der Zeit her, da die Inseln noch mit dem Festlande zusammenhingen. Sie sind ein sicherer Beweis, daß die Inseln in der That abgerissene Brocken des Festlandes sind und nicht lediglich durch das Spiel der Wogen und Winde auf flachen Stellen aufgehäufte Dünen, die erst nach ihrer Erhebung über der Wasserfläche vom Festlande besiedelt wurden.»

p. 215 heißt es weiter: «Vor der Bildung der heutigen Marschen bildete die Ebene unserer Gegenden mit den ostfriesischen Inseln eine zusammenhängende, wellig geformte Fläche mit der charakteristischen Flora der Geest, welche sich besonders deutlich in der Flora der Wälder verfolgen läßt. Später riß das ewig bewegte Meer die Inseln vom Festlande los und isolierte ihre Pflanzen; von dem Festlande fielen breite Striche dem Meere zum Opfer, auf noch größeren Gebieten aber verschwanden unter dem Einfluß des Menschen die Wälder und deren Charakterpflanzen wurden auf weit engere Areale zusammengedrängt. Auf den Inseln erhielten sich eine ganze Reihe von diesen Geestpflanzen, während sie in das von den Flüssen und dem Meere abgesetzte Schwemmland, die Marschen, nicht einwanderten.»

Einfacher ließe sich diese in der Originalarbeit noch weiter ausgesponnene Ansicht so formulieren. Nach Abtrennung der Inseln stimmte ihre Flora mit der der Geest des Festlandes, d. h. des Diluviums der Küste, überein. Die jetzige Verschiedenheit von der Festlandsflora erklärt sich dadurch, daß nach der Abtrennung der Inseln, der Küste die Marschen vorgelagert wurden, auf denen sich eine andere ärmere Flora entwickelte. Daher die größere Ähnlichkeit der Inselflora mit der entlegeneren norddeutschen Geestflora als mit der benachbarten Küstenflora.

Ähnliche Ansichten über Herkunft der Flora finden sich bei Focke in demselben Bande der Bremer Abhandlungen (Bd. II, p. 450). Sie lauten hier: «Vom geschichtlichen Standpunkte aus sind die Inseln zunächst als Trümmer des Festlandes zu betrachten. Nachdem England vom Festlande abgetrennt war, drang das Wasser der Nordsee immer weiter nach Süden und Osten vor. Es entstanden so abgerissene Geestinseln und Dünenreihen, an denen das Meer nagte. Von den Inseln der südlichen Nordsee haben jetzt, soviel bekannt, nur noch Texel und Sylt unveränderten Geestboden. Auf den andern Inseln wurde das alte Land allmählich und stückweise zerschlagen, aber der Sand häufte sich unmittelbar neben der ursprünglichen Lagerstätte wieder an. Die Inseln an unserer Küste werden vom Festlande durch einen seichten, aber ziemlich breiten Meeresarm getrennt, in welchem sich nach und nach der Marschboden niederschlug.»

«Die Änderungen, welche die Pflanzendecke der Inseln erfuhr, haben wir uns etwa in folgender Weise vorzustellen. Ursprünglich war auf dem Brocken Landes, aus welchem die Inseln hervorgegangen sind, eine echt Geestvegetation[1] einheimisch. Die Flora des niedrigen Sandlandes und der Geestgewässer war mutmaßlich stark repräsentiert, da das Küstenland schon lange vor den direkten Angriffen durch das Meer vielfach durch süße Gewässer zerrissen worden sein wird. Ob die Flora des nordwestdeutschen Tieflandes zur Zeit der Trennung der Inseln von der Festlandsgeest, wesentlich verschieden war von der jetzigen Geestvegetation, dürfte schwer zu entscheiden sein. Die Häufigkeit einiger Pflanzen, insbesondere der Pirolaarten, legt den Gedanken nahe, daß die Trennung in die Zeit des Vorherrschens einer Waldvegetation von Kiefern und Eichen zu setzen sei. Die Inseln dürften anfangs eine ziemlich reichhaltige Geestvegetation besessen haben. Der ursprüngliche Geestboden wurde zerschlagen, aber das Produkt dieser Zertrümmerung, der geschlämmte Sand, lagerte sich den Inseln an und konnte von den Pflanzen besiedelt werden. In seiner Entstehung der Vorgeest des Festlandes vergleichbar, erfreute sich dieser frisch aus dem Meere abgelagerte Sand einer ungleich günstigeren chemischen Zusammensetzung, da er kalkhaltig war und auch größere Mengen von Kali und Magnesia durch Molekularanziehung festhalten konnte. Es ist klar, daß auf den durch das Meer veränderten Standorten manche Geestpflanzen nicht gedeihen konnten, während andere eine um so größere Verbreitung erlangten. Durch Versumpfen der Dünenthäler, durch Anfänge von Moorbildung, durch Auslaugen des Sandes mittels des Regenwassers wurden für eine weitere Anzahl von Geestpflanzen ge-

[1] Diluvialflora.

eignete Standorte geschaffen. Je kleiner indes die Inseln wurden, je vollständiger der ganze Boden der zernagten Inselchen von Meerwasser durchtränkt wurde, um so mehr schwand die ursprüngliche Geestflora dahin. Die kleinen und schmalen Inseln haben wenig davon aufzuweisen, während die größeren, wie Norderney und Juist, vor allen Dingen aber Borkum, sich noch einen ansehnlichen Teil der ursprünglichen Vegetation erhalten haben. Diese Geestflora, in der freilich aus den soeben dargelegten Gründen ganz andere Glieder vorherrschend geworden sind als auf dem Festlande, läßt sich ziemlich scharf von der eigentlichen Küstenflora trennen, welche aus den Salz- und den Dünenpflanzen besteht und sich, wie öfter betont, durch große Beweglichkeit auszeichnet. Diese Küstenflora hat wahrscheinlich von jeher den Saum des Landes bewohnt und ist dem Meere beim Vordringen wie beim Rückzuge gefolgt.»

Außer diesen Ansichten, die im wesentlichen unverändert von Buchenau in seiner Flora der ostfriesischen Inseln wiedergegeben sind, haben wir in der Litteratur keine Erklärungsversuche für unsere Inselflora.

Ich bin nun nicht im stande, diesen Ansichten eine hohe Tragweite zuzusprechen. Sie geben gar keine Erklärung für das Aussehen der Inselflora selbst, sondern ausschließlich für deren Verschiedenheit von der gegenüberliegenden Marschflora. Die Abstammung der Inselflora von einem vorhergehenden Zustande ist etwas ganz Selbstverständliches und kann nicht als Erklärung gelten. Die nähere Bestimmung des früheren Zustandes, des Aussehens der Geestflora, wird von keinem Autor auch nur versucht und sie kann daher gar nicht vorgestellt werden.

Nun kommt aber noch ein sehr wichtiger Punkt hinzu. Die Inselflora ist, was aus Fockes Erörterungen aufs deutlichste hervorgeht und sich ebenfalls von selbst versteht, gar nicht der Rest der alten Geestflora, sondern im günstigsten Falle der sehr stark veränderte Rest einer solchen.[1] Wir bleiben aber über die Ursachen dieser Veränderungen, welche doch die Hauptsache zum Verständnis der heutigen Inselflora sind, ganz im unklaren.

Die Pflanzenverzeichnisse liefern uns nur ein Bild der systematischen Zusammensetzung der Inselflora. Diese ist abhängig 1. von einem früheren Zustand, 2. von der Einwanderung und dem Aussterben der Arten. Punkt 2 wird von beiden Autoren in seinem ersten Teil, wie mir scheint mit Recht, zurückgewiesen, den Einfluß des Aussterbens von Arten kennen wir nicht.

[1] Bezeichnen doch die Floristen selbst eine Menge von «Inselformen» als var. *littoralis*, *dunensis* etc.

Somit bleibt die Abstammung von einer früheren Flora als ganz selbstverständliche Ursache ihrer Zusammensetzung übrig. Das ist ein einfaches Rechenexempel, trägt aber zur Erklärung der Flora nichts bei, als daß es deren Existenz an und für sich begründet. Um diese handelt es sich aber nicht, nicht das bloße Dasein der Flora interessiert uns, sondern das Dasein in dieser besonderen Form, d. h. das Aussehen der Flora.

Wie soll die bloße Abstammung von einer ursprünglichen Flora die ganz auffallende Eigenartigkeit der Inselflora erklären, einer Flora, die mit der hypothetischen alten Geestflora, wie auch die obengenannten Autoren selbst andeuten, wahrscheinlich gar keine Ähnlichkeit mehr hätte.

Es stellt sich immer mehr heraus, daß das Problem nicht da liegt, wo es bis jetzt gesucht wurde. Die Frage nach dem Grunde der systematischen Zusammensetzung der Flora hat, so lange sie sich bloß allgemein beantworten läßt, wie Buchenau und Focke dies thun, nur ein geringes Interesse, specieller d. h. in Bezug auf die einzelnen Arten gestellt, läßt sie sich leider nicht beantworten.

Ich kann meinerseits das Problem, welches in der Inselflora liegt, nur so fassen: Welche Ursachen bedingen die ganz eigenartige Entwicklung und die relative Unveränderlichkeit der Inselflora?

Denn man muß sich mit Recht darüber am meisten wundern, nicht, daß einmal eine Flora besonderer Gestalt auf den Inseln sich ausbreitete, sondern daß diese Flora so eigenartig blieb und dauernd bleibt. Die Möglichkeit der Zuwanderung neuer Formelemente auf dem Festlande, die größere Schwierigkeit des Eindringens neuer Elemente zu den Inseln erklärt sehr wenig, zumal es gar nicht die Vermehrung der Festlandsflora, sondern das Fehlen charakteristischer insularer Formen ist, welches beide Floren besonders unterscheidet.

Erst durch die richtige Fragestellung wird klar, was bisher ganz von den einseitig floristischen Bestrebungen verdeckt wurde, daß der Charakter der Inselflora nicht in ihrer systematischen Zusammensetzung, sondern in erster Linie in ihrer Ökologie und in der gemeinsamen Physiognomie liegt.

Das eigentliche Problem ist somit kein floristisches, sondern ein pflanzengeographisches, infolgedessen die bloß historische Methode der naturwissenschaftlichen weichen muß.

Ich bin demselben durch folgende Überlegungen nahegetreten: Eine ursächliche Erklärung der Pflanzenwelt der Inseln kann nur dann Erfolg haben, wenn es gelingt, ihre Existenz auf eine oder wenige erkennbare Ursachen zurückzuführen. Historische Ursachen können nur die Entstehung und das Vorhandensein der Flora begründen, aber niemals ihr Bestehenbleiben.

Die stete Wiederholung der systematischen Zusammensetzung der Flora ergiebt keinen Fortschritt. Wie soll man begreifen, warum *Jasione* mit *Sonchus*, *Rubus*, *Salix*, *Hippophaës* u. a. zusammenleben, wenn man nur ihre systematische Stellung angiebt! Es ist klar, daß eine so bunte Mischung einander verwandtschaftlich fremder Florenbestandteile nur deshalb einen dauernden Bestand haben kann, weil sie aus einem und demselben andern Grunde zusammengehören. Der systematische Gesichtspunkt trennt sie. Es kann also nur ein morphologischer und damit zusammenhängender physiologischer Grund sein, welcher diese Pflanzen trotz aller verwandtschaftlicher Verschiedenheit gleich macht.

Mit diesen Betrachtungen vorgehend, gelang es mir jedoch nicht, aus der Beobachtung der Ökologie einzelner Pflanzen einen Schluß zu ziehen. Es ist das auch andern nicht gelungen. Buchenau hat in einer seiner Abhandlungen[1] versucht, das Biologisch-Gemeinsame der Dünenflora herauszufinden. Er gelangt aber nicht weiter als zu einigen Einteilungen, indem er monokarpische und polykarpische Pflanzen unterscheidet und bei den perennierenden folgende Fälle des Wachstums nennt (p. 274 l. c.): 1. dichtrasigen Wuchs, 2. weit umherkriechende Ausläufer, 3. schräge aufsteigende Rhizome, 4. tief hinabsteigende Hauptwurzeln.

Buchenau sieht in diesen verschiedenen Einrichtungen der unterirdischen Vegetationsorgane einen Schutz gegen die Nachteile ihres Standortes, «große Veränderlichkeit desselben und allzustarke Erhitzung des Bodens».

Auf eine vergleichende Betrachtung der oberirdischen Vegetationsorgane wird merkwürdigerweise gar nicht eingegangen. Daß lange Wurzeln und Rhizome eine größere Befestigung auf dem lockeren Boden erzielen, ist so naheliegend, daß für die in Betracht kommenden Fälle eine andere Ansicht kaum denkbar ist. Was die allzugroße Erhitzung des Bodens anbetrifft, so ist diese Gefahr thatsächlich nur eine vermeintliche. Der eigentliche Hauptpunkt aber, die Notwendigkeit des Widerstandes gegen klimatische Einflüsse, ist ganz übersehen.

Als ich nach dem ungünstigen Erfolg des Studiums einzelner Pflanzen die Flora Borkums als Ganzes betrachtete, trat der gemeinsame, von der systematischen Stellung ganz unabhängige Charakter immer deutlicher hervor. Er liegt in dem niedrigen Wuchs der ganzen Vegetation.

Kein Baum gedeiht hier ohne künstlichen oder natürlichen Schutz, selbst die Sträucher erheben ihr Haupt nicht zu nennenswerter Höhe und Freiheit. Alles ist niedrig, gedrückt, dem Boden angeschmiegt, auch das kleinste Kraut.

[1] Weitere Beiträge, Nat. Ver. Brem. IV, 216.

Es empfiehlt sich, dies an der Hand der Flora vollständiger naebzuweisen, wobei natürlich die Wasservegetation, als eine abgesonderte, den allgemeinen Bedingungen zum Teil entzogene Formation, ausgeschlossen wird.

Meterbobe Pflanzen sind auf den Inseln eine Seltenheit und sie erscheinen schon besonders stattlich gegenüber der durchgäugigen Kleinheit der Formen. Ganz besonders auffallend ist es, wie wenig aufrechte Pflanzen es giebt, gegenüber den mit Rosetten dem Boden angedrückten, oder solehen Pflanzen, die mit ihren längeren Sprossen dem Boden anliegen. Wenn man die auf den Inseln heimisehen Familien durchgeht und mit der Festlandsflora einen Vergleich anstellt, so muß es auffallen, daß für die Inseln aus den Familien geradezu diese Formen mit Bodenrosetten oder mit niederliegenden Stengeln ausgesucht zu sein scheinen. Was aufrecht steht, ist entweder mit harten Blättern versehen, wie die *Cyperaceen* und *Juncaceen*, oder gebört zu der Ruderalflora, die in der Nähe der Wobnungen unter anderen, güustigeren Bedingungen lebt, als die freie Inselflora.

Werfen wir nur eiuen Blick auf unsere deutsche Festlandsflora und vergleichen, was die Inseln davon bieten. Unter den *Monokotylen* finden sich als maßgebeude Bestandteile die in ihrem Habitus uud ihrer Ökologie ähnlichen *Typhaceen*, *Gramineen*, *Cyperaceen*, *Juncaceen*, die die Hauptmasse bilden und denen sich *Triglochin* anschließt. Aber wo bleiben die *Liliaceen?* Als ihre Vertreter finden wir nur ganz vereinzelte, verkümmerte Exemplare von *Asparagus officinalis*, also eine xeropbile Form. Keine einzige unserer zahlreichen *Liliaceen* und *Irideen* mit aufrechtem Wuchs und saftigen Blättern. Auch *Alisma* und *Butomus* fehleu. Nur ein paar *Orchideen* machen eine auffallende Ausnahme.

Von dikotylen Familien sind die aufrecht wachsenden fast ausschließlich Ruderalpflanzeu, Familien mit vielen Arten von aufrecbtem Wuchs, wie *Ranunculaceen*, *Cruciferen*, *Rosaceen*, *Papilionaceen*. *Euphorbiaceen*, *Borragineen*, *Labiaten*, *Scrophulariaceen*, *Campanulaceen* treten ganz zurück. Wie arm sind die *Labiaten* und *Borragineen* vertreten durch *Myosotis* und *Mentha aquatica*!

Dagegen sind charakteristisch für die Inseln die niedrigen *Chenopodiaceen*, *Atriplex*, *Alsineen* mit am Boden kriechenden Sprosseu, niedrige *Cruciferen*, *Plantagineen* und *Kompositen* mit Wurzelrosetten, *Papilionaceeu*, *Geraniaceen*, *Primulaceen*, *Rosaceen*, ebeufalls nur solche mit niederliegendeu kriechenden Formen, *Rubus caesius*, *Potentilla anserina*, *Rosa pimpinellifolia*, *Ononis repens* und *spinosa*, kriechende *Trifolien*, *Erodium*, *Centunculus minimus* und *Glaux maritima*.

Vergleichende Übersicht aufrechter Pflanzen von einiger Höhe und niedriger oder niederliegender Formen auf den ostfriesischen Inseln.

Aufrechte Pflanzen meist mit xerophilem Bau.	Artenzahl	Niedrige oder niederliegende Pflanzen.	Artenzahl
Typhaceen	3	Triglochin	2
Schoenus	1	Echinodorus	1
Scirpus	8	Gramineen	45
Carex	13	Carex	6
Juncaceen	12	Salix	3
Asparagus	1	Polygonum	2
Psamma	1	Suaeda	1
Elymus	1	Salsola	1
Rumex	4	Obione pedunc.	1
Polygonum	2	Atriplex	2
Chenopodiaceen	6	Scleranthus	1
Coronaria	1	Sagina	3
Ranunculaceen	5	Spergula	1
Linum	1	Spergularia	3
Lythrum	1	Honckenya	1
Umbelliferen	6	Arenaria	1
Samolus	1	Stellaria	2
Statice	1	Cerastium	3
Gentiana	2	Silene Otites	1
Erythraea	1	Thalictrum	2
Myosotis	2	Myosurus	1
Mentha	1	Draba	1
Linaria	1	Teesdalea	1
Alectorolophus	1	Cochlearia	2
Erigeron	1	Lepidium	1
Achillaea	1	Cakile	1
Senecio	1	Drosera	1
Cirsium	3	Sedum	1
	82	Saxifraga	1
		Parnassia	1
		Rubus caesius	1
		Potentilla	3
		Rosa pimpinellifolia	1
		Ononis	2
		Anthyllis	1
		Medicago	1
		Trifolium	6
		Lotus	2
		Vicia	3
			113

Niedrige oder niederliegende Pflanzen.	Artenzahl
	113
Lathyrus	2
Erodium	1
Radiola	1
Polygala	1
Empetrum	1
Helianthemum	1
Violaceen	3
Peplis	1
Bupleurum	1
Pirola	2
Ericaceen	3
Centunculus	1
Glaux	1
Armeria	1
Cicendia	1
Erythraea pulchella	1
Convolvulus Soldanella	1
Veronica	6
Pedicularis	2
Euphrasia	3
Pinguicula	1
Litorella	1
Plantago	4
Galium	5
Jasione	1
Kompositen	21
	180.

In dem obigen Verzeichnis sind der Kürze wegen bald Familien, bald Gattungen und Arten angegeben. Von den als aufrecht bezeichneten sind die meisten doch immerhin auch recht kleine Pflanzen, so daß das Verhältnis noch mehr auf die andere Seite neigte.

Dieser gemeinsame Zug des niedrigen Wuchses ist in die Augen fallend, bisher aber gänzlich zurückgetreten, gegen andere Beobachtungen, welche man an der Inselflora gemacht hat. Heben doch alle Beobachter anstatt eines gemeinsamen Charakters vielmehr immer wieder die bunte Mannigfaltigkeit der Flora hervor und lenken dadurch den Blick ab von diesem gemeinsamen Merkmal. Ganz gelegentliche Bemerkungen, daß der Pflanzenwuchs auf den Weiden ein kurzstengeliger sei, haben nirgends Bedeutung gewonnen und sind nie zu einem Princip erhoben worden. Einzig und allein die Ab-

wesenheit fast aller Bäume und Sträucher ist von Buchenau und anderen hervorgehoben (Pflanzenwelt der ostfriesischen Inseln, Band II der Verhandlungen, Bremen, p. 246), ohne daraus aber einen allgemeinen Schluß zu ziehen.

Und doch ist die Feststellung dieses gemeinsamen Zuges der Inselflora die Vorbedingung zu der Frage nach Ursachen.

Als ich mir die Frage vorlegte: Warum hat die ganze Flora das übereinstimmende zu Boden gedrückte Aussehen? und, da Bodenverhältnisse keine Begründung dafür liefern, die klimatischen Faktoren in Betracht zog, fand ich keine andere Antwort als die: Die ganze Flora sieht aus, als ducke sie sich vor dem Winde. Zunächst war das ein unmittelbarer Eindruck. Aber es reicht einige Überlegung hin, um ihn zu begründen.

Keines der klimatischen Elemente ist auf den Inseln konstant außer dem Winde. Der Wind weht immer, jahraus, jahrein, täglich, ohne Unterlaß. Wird doch dem Besucher der Inseln, der dort nicht heimisch ist, dieser ewige Wind zum Überdruß.

Ich will mich jedoch hier nicht mit allgemeinen Begründungen begnügen, sondern zunächst das meteorologische Material über die Windverhältnisse in Borkum mitteilen.[1]

1876—1895 Mittlere Häufigkeit der zu den 3 täglichen Beobachtungsterminen beobachteten Windstillen:

Frühling	Sommer	Herbst	Winter
5,1 an 276 Term.	5,0 an 276 Term.	7,8 an 273 Term.	7,5 an 270 Term.
= 1,9 %	= 1,8 %	= 2,9 %	= 2,8 %

Da diese Zahlen nicht einmal ganze Tage, sondern nur windstille Momente bedeuten, so ergiebt sich daraus, daß auf den Inseln der Wind so gut wie niemals aussetzt, was die Erfahrung bei längerem Aufenthalt dort ohne weiteres bestätigt.

Die auf Borkum beobachtete Windgeschwindigkeit beträgt in Metern pro Sekunde:

Januar	7,8	April	7,1	Juli	6,7	Oktober	8,3
Februar	7,5	Mai	6,8	August	7,2	November	8,2
März	8,2	Juni	7,2	September	7,2	Dezember	8,0.

Ich gebe auch noch eine Tabelle der auf Borkum geschätzten Windstärken:

[1] Ich erfreute mich der gefälligen Unterstützung der deutschen Seewarte und des Königl. Meteorolog. Instituts in Berlin. Ich beschränke mich auf die Mitteilungen von Borkum, weil in Norderney erst seit 1897 eine Station höherer Ordnung mit Windbeobachtung besteht Die Jahreszeiten sind meterologische.

Monatsmittel der in Borkum zur Zeit der Terminbeobachtungen nach der Beaufort-Skala von 0—12 geschätzten Windstärken.

	Januar			Februar			März			April			Mai			Juni		
	8a	2p	8p	8a	2p	8p	8a	2p	8p	8a	2p	8p	8a	2p	8p	8a	2p	8p
1876	2,5	2,4	2,3	3,2	3,0	2,9	3,8	4,2	4,1	2,8	3,2	2,7	3,2	3,4	3,1	2,9	3,4	2,7
77	3,1	3,7	3,6	3,5	3,7	4,1	3,6	3,5	3,0	3,7	4,1	3,4	2,4	3,0	2,3	2,6	3,0	2,2
78	3,3	3,5	3,2	2,4	2,6	2,4	3,9	3,8	3,7	2,5	2,9	2,1	3,1	3,5	2,8	2,2	2,6	2,2
79	2,8	2,9	2,5	3,0	3,2	3,0	3,2	3,7	3,5	2,7	3,1	3,0	2,5	2,8	2,4	2,9	3,0	2,4
80	2,2	2,1	2,0	3,1	3,3	3,1	3,0	3,3	2,8	2,9	3,2	2,8	2,7	3,5	3,1	2,7	3,2	2,5
81	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,3	3,7	3,4	3,9	4,2	3,6	3,6	4,3	3,4	3,3	3,3	3,0
82	2,8	3,2	2,7	2,9	3,2	3,2	2,7	3,5	3,0	3,3	3,4	2,8	2,7	2,8	2,5	3,0	3,3	3,0
83	3,4	3,4	3,1	3,2	3,4	3,0	3,2	3,3	2,9	2,9	2,9	2,6	2,6	3,1	2,1	2,8	2,9	2,7
84	4,0	3,8	3,9	3,4	3,2	3,2	2,5	2,8	2,7	2,8	3,0	2,9	2,8	3,7	3,3	2,3	2,8	2,2
85	2,7	2,7	2,5	2,2	2,1	2,2	3,2	3,4	3,0	2,4	2,5	2,3	2,9	3,0	2,8	3,6	3,8	3,4
86	3,7	3,4	3,0	2,6	2,9	2,8	3,8	3,6	3,5	3,4	3,6	3,4	3,4	3,3	3,2	3,9	3,8	3,2
87	3,7	3,4	3,6	3,7	3,8	3,6	3,7	4,2	3,9	4,2	4,0	3,8	4,1	4,5	4,4	3,7	4,1	3,9
88	3,6	3,4	3,3	4,6	4,8	4,7	4,7	4,6	4,5	3,0	3,0	3,1	3,6	4,0	3,8	3,0	3,2	3,2
89	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0	2,2	2,4	—	—	—
90	4,0	4,6	4,4	3,6	3,8	3,9	4,1	4,4	4,2	3,4	3,8	3,8	3,3	3,7	3,4	3,0	3,2	2,9
91	3,1	3,2	2,9	2,3	2,2	2,3	3,7	4,0	3,8	2,9	2,9	2,9	3,3	2,8	2,6	3,0	3,5	3,2
92	3,7	3,8	4,2	3,0	3,1	3,1	3,0	2,8	2,7	3,0	3,0	2,6	3,3	3,4	3,1	3,2	3,2	3,0
93	3,0	2,8	3,1	3,8	3,8	3,8	3,7	3,8	3,7	3,0	2,9	2,8	3,2	3,2	3,4	3,0	3,2	2,9
94	3,9	3,8	4,1	3,9	4,0	4,4	3,1	2,7	2,6	2,3	2,5	2,2	3,2	3,1	2,7	3,4	3,4	2,7
95	2,9	2,8	2,8	2,2	2,3	2,3	3,1	3,2	3,3	2,6	3,1	3,0	2,8	2,9	2,6	2,4	2,9	2,6
Summe	**60,9**	**61,5**	**59,9**	**59,4**	**61,3**	**61,9**	**65,3**	**68,5**	**64,3**	**57,7**	**61,3**	**55,8**	**60,7**	**66,0**	**59,4**	**56,9**	**61,8**	**53,9**
	3,21	**3,24**	**3,15**	**3,13**	**3,23**	**3,21**	**3,44**	**3,61**	**3,38**	**3,04**	**3,23**	**2,94**	**3,04**	**3,30**	**2,97**	**2,99**	**3,25**	**2,84**

	Juli			August			September			Oktober			November			Dezember		
	8a	2p	8p	8a	2p	8p	8a	2p	8p	8a	2p	8p	8a	2p	8p	8a	2p	8p
1876	2,8	2,8	2,6	2,9	3,3	2,5	2,8	3,2	2,5	3,0	3,2	2,8	3,0	2,8	3,2	3,7	3,4	3,4
77	2,8	3,1	2,6	3,0	3,3	3,0	3,0	3,2	2,7	3,3	3,6	3,4	3,6	3,6	3,7	2,9	2,9	2,8
78	2,9	3,5	2,9	2,5	3,1	2,3	2,9	2,7	2,0	2,7	2,7	2,6	2,7	2,9	2,8	2,5	2,4	2,4
79	3,2	3,0	3,1	3,1	3,3	2,9	2,6	2,7	2,3	3,0	3,1	2,5	2,8	3,0	3,2	3,0	3,0	2,7
80	2,5	2,8	2,4	2,4	2,9	2,3	2,4	2,4	2,2	2,7	2,9	2,8	3,3	3,8	3,6	3,8	3,5	3,7
81	3,2	3,4	2,7	3,4	3,5	3,1	3,1	3,5	2,6	4,6	4,7	4,2	3,7	3,9	3,6	2,5	2,8	2,9
82	2,6	3,1	3,3	3,4	3,4	3,2	2,5	2,9	2,4	3,0	3,3	3,0	3,7	3,5	3,7	2,8	2,8	2,7
83	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4	2,6	2,7	2,8	2,7	2,9	2,8	3,5	3,2	3,8	3,9	3,9	4,3
84	2,2	2,4	1,7	2,0	2,3	1,8	2,7	3,1	3,0	4,2	3,9	3,8	2,2	2,7	2,7	3,0	3,0	3,8
85	3,0	3,2	2,7	3,0	3,4	3,2	3,3	3,8	3,7	4,2	4,1	4,3	3,2	3,1	2,9	3,5	3,3	3,4
86	3,7	3,6	2,8	2,6	2,7	2,7	3,5	3,4	2,9	3,6	3,9	3,6	4,2	4,0	3,9	4,8	4,5	4,6
87	3,2	3,4	2,6	4,1	4,5	4,2	4,6	4,4	4,3	4,6	4,5	4,5	4,0	3,6	3,9	3,8	4,2	4,0
88	3,5	3,6	3,2	3,3	3,4	3,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
89	—	—	—	—	—	—	3,2	3,4	3,1	3,4	3,3	3,2	3,7	3,3	3,5	3,4	3,5	3,8
90	3,3	4,1	2,9	3,2	3,6	2,1	3,3	3,6	3,3	4,1	4,3	3,9	3,0	3,4	2,9	3,0	2,8	2,9
91	3,2	3,4	2,5	4,1	4,0	4,0	3,6	3,5	3,5	3,3	3,3	3,8	2,6	2,7	2,6	4,2	3,9	3,7
92	2,8	3,3	2,9	3,4	3,9	3,4	3,6	3,6	3,3	3,6	3,7	3,5	3,0	3,0	2,7	3,6	3,6	3,2
93	3,0	3,4	3,2	3,5	3,5	3,1	3,8	4,1	3,9	3,6	4,3	3,9	3,4	3,3	3,5	3,5	3,4	3,6
94	3,2	3,3	3,1	3,0	3,4	3,0	3,3	3,5	3,2	2,8	3,0	2,7	3,3	3,5	3,4	3,3	3,5	3,6
95	2,9	2,8	2,6	3,0	3,1	2,5	2,1	2,2	1,6	3,3	3,3	3,9	3,3	3,4	3,3	3,5	3,5	3,6
Summe	**56,6**	**60,8**	**52,3**	**58,4**	**63,1**	**54,9**	**58,9**	**61,9**	**55,3**	**65,7**	**68,0**	**65,2**	**62,2**	**62,7**	**62,9**	**64,7**	**68,9**	**65,**
	2,98	**3,20**	**2,75**	**3,07**	**3,32**	**2,89**	**3,10**	**3,26**	**2,91**	**3,46**	**3,58**	**3,43**	**3,27**	**3,30**	**3,31**	**3,41**	**3,36**	**3,43**

Auf andere Weise läßt sich heute die Frage nach der Windstärke nicht wohl beantworten. Die Schwierigkeit liegt darin, daß die Mittelwerte nur einzelne Momente der Beobachtungsjahre geben. Immerhin ergeben diese Zahlen die für einen Besucher der Inseln entbehrliche Überzeugung der intensiven und dauernden Wirkung des Windes.

Die Tabelle zeigt, daß das ganze Jahr hindurch eine durchschnittliche Windstärke mindestens zwischen 3—4 herrscht. Damit stimmen die Angaben über die Windgeschwindigkeit ziemlich überein. Der Druck des Windes auf den □Meter würde diesen Zahlen entsprechend 7,8—12,2 Kilogramm betragen.

Es würde sich in dem über die Bedeutung des Windes Mitgeteilten nur um eine Theorie handeln. Sie kann jedoch durch Beobachtungen über die Wirkung des Windes, die ich schon seit mehreren Jahren angestellt und auf den Inseln fortgesetzt habe, thatsächlich begründet werden. Ich teile diese Beobachtungen zunächst hier mit.

Die Beschädigung der Pflanzen durch den Wind.

Aus praktischen Gründen gezwungen, mich mit den Beschädigungen der Pflanzen zu befassen, bin ich schon seit längerer Zeit auf die Windschäden aufmerksam geworden, die überall da, wo der Wind, sei dies dem Klima entsprechend oder nur lokal, in einer überwiegenden Konstanz und merkbarer Stärke weht, eintreten. Der Wind veranlaßt überall die gleiche, natürlich graduell vielfach verschiedene, aber unverkennbare Beschädigung der Assimilationsorgane, der Blätter.

Die Beschädigung durch den Wind besteht darin, daß kleinen Zellkomplexen so schnell das Wasser durch Verdunstung entzogen wird, daß keine Zeit zur Zuleitung von den benachbarten Zellen möglich ist. Diese Zellkomplexe vertrocknen daher, werden braun und brüchig, wie im Trockenofen getrocknete Blätter, aber nur an jenen unmittelbar betroffenen Stellen, ohne das ganze Blatt in Mitleidenschaft zu ziehen. Die Erscheinung zeigt sich stets zuerst an der Spitze und am Rande des Blattes, an Orten, die durch das Auslaufen der dünnsten Blattnerven und durch ihre geringe Dicke, also schon durch ihre eigene Struktur am meisten gefährdet sind. Ist der Wind weniger konstant oder weniger heftig, so kann es bei diesen geringen Beschädigungen bleiben. Die Blätter erscheinen dann an der Spitze und am Rande, ja oft nur an einem Teil des Randes rein braun und vertrocknet. Greift der Wind dauernd und heftiger an, so geht vom Rande aus die Vertrocknung weiter, aber stets ohne das ganze Blatt auf einmal zu ergreifen. Die Vertrocknung kann an beiden Seiten bis zur Mitte jeder Blatthälfte bei symmetrischen Blättern gehen, während das mittlere Blattgewebe voll-

ständig lebendig ist und weiter funktioniert. Durch diese Erscheinungen unterscheidet sich die Windbeschädigung scharf von durch Hagelschlag oder andere mechanische Verletzungen hervorgerufene oder durch Parasiten bedingte Schäden, die in Form von Flecken unregelmäßig auf der Blattfläche zu erscheinen pflegen. Ferner ist die Windbeschädigung scharf zu unterscheiden, durch die charakteristische völlig vertrocknete Ränderung der Blätter, von manchen Beschädigungen der Blätter durch Rauchgase. Besonders ist der Windschaden nicht zu verwechseln mit herbstlichen Absterbeerscheinungen, bei denen das ganze Blatt bekanntlich gelb und pathologisch verändert erscheint, aber keine trockenen Ränder besitzt. Es kann aber der Windschaden natürlich auch als sekundäre Erscheinung die herbstlichen Blätter ergreifen.

Ist der Wind heftig und konstant zugleich, wie auf den Nordseeinseln, so kann endlich, immer vom Rand fortschreitend, das Blatt gänzlich vertrocknen und endlich auch vom Winde mechanisch zerrieben werden, so daß es verschwindet. Ich finde diese Art des Windschadens nicht beobachtet und beschrieben. Es heißt nur ganz allgemein hie und da in der Litteratur: heftige Winde und Sturm veranlassen «übermäßige Transpiration». Wenn eine Pflanze übermäßig transpiriert, so welkt sie bekanntlich. Man findet aber an solchen vom Winde beschädigten Pflanzen gar nicht die ganzen Blätter welkend, sondern der Wind wirkt in ganz specifischer, lokaler Weise und zwar auf niedrige Kräuter ebenso wie auf Bäume.

Der Zusammenhang meiner Beobachtungen auf dem inneren Festlande, wo die Erscheinung nur zerstreut und gemildert, oft kaum erkennbar auftritt, mit der hier auf den Inseln in allen Übergängen bis zur vollständigen Vernichtung des Blattes sichtbaren Blattbeschädigung durch den Wind wurde mir hier vollständig klar. An allen Bäumen und Sträuchern, Weiden, Erlen, Eichen, Obstbäumen, *Crataegus*, *Ampelopsis* und vielen anderen Pflanzen läßt sie sich leicht beobachten. Aber ebenso ließ sich dieser Windschaden in gleicher Form auch bei aufrechten und mit weichen Blättern versehenen Pflanzen, z. B. Epilobiumarten und anderen ohne Windschutz dastehenden Pflanzen, feststellen.

Es erscheint mir wichtig, dies besonders hervorzuheben, weil in der Litteratur über die Nordseeinseln überhaupt nur die Wirkung des Windes auf Bäume berücksichtigt wird, ohne auch nur den Schluß daraus zu ziehen, daß in einem Klima, wo der Wind die Bäume nach Angabe der Autoren grausam zu Grunde richtet, dieser Faktor doch unbedingt die ganze übrige Vegetation mit beeinflussen müsse.

Was diese bezeichneten Angaben über die Vernichtung der Bäume durch den Wind anlangt, so beruhen sie auf unrichtigen Vorstellungen.

Die eigentliche Ursache des Absterbens der Bäume ist offenbar von niemand beobachtet worden. An Stelle der richtigen Erklärung finden wir unklare und rätselhafte Ansichten über das Absterben der Bäume durch den Küstenwind, wie sie von Focke und Borggreve geäußert und verfochten worden sind.

Focke nimmt an, der Untergang der Bäume werde vorwiegend durch den Salzstaub, den der Seewind mitführe, veranlaßt. Borggreve behauptet, der Wind wirke zerstörend durch seine mechanische Kraft.

In seiner oben citierten Abhandlung über die Vegetation des nordwestdeutschen Tieflandes (l. c. Bd. II, p. 412) sagt Focke:

«Die Gestalt der Bäume wird durch den Wind merkwürdig verändert, sie dehnen sich mehr seitlich aus, weil sie nicht in die Höhe wachsen können; die schlanke Erle bekommt durch den Einfluß des Windes den Wuchs einer fränkischen Dorflinde, die durch Menschenhand regelmäßig oben gestutzt wird. Die Wirkung der Seewinde beruht auf dem Salzstaube, den sie mit sich führen.»

Ich kann dieser Ansicht einen wissenschaftlichen Wert nicht beimessen, da sie hier durch nichts begründet wird. Erst in einem späteren Aufsatze (Nat. Ver. Bremen. Bd. III, p. 268) werden, um den Einwänden Borggreves zu begegnen, einige Gründe angeführt, die aber nichts zu Gunsten der mehrmals von Focke wiederholten Meinung von der Wirkung der «salzigen Luft» beibringen. Vielmehr läßt sich klar erkennen, daß an den zu Gunsten seiner Ansicht von Focke angeführten Örtlichkeiten (Dangast), es der Wind allein ist, der die Bäume schädigt. Es ist auch noch hervorzuheben, daß Fockes Mitteilung über die bei Dangast angeblich vortrefflich gedeihenden Bäume nicht mit den gegenteiligen Angaben Buchenaus (l. c. Bd. III, p. 531) übereinstimmt.

Ebensowenig wissenschaftlich, wie die ganze Ansicht, ist die Vorstellung Fockes über die vernichtende Wirkung des Salzstaubes. Auf welche Weise Kochsalz diese Wirkung hervorbringen soll, wird nicht erörtert, trotzdem es doch nicht ohne weiteres einleuchtet, daß Kochsalz Bäume vernichte.

Focke faßt seine ganze Meinung in dem Satz zusammen: «Vielmehr scheinen die Blätter und jungen Triebe direkt durch den Seewind getötet zu werden». Das klingt zwar sehr einfach, es läßt sich aber dabei nichts denken. Die Ansicht Fockes stimmt auch nur sehr ungenügend zu der Thatsache, daß Bäume hinter Schutzwänden, welche man in Borkum und Norderney errichtet sieht, besser gedeihen. Diese Wände bestehen häufig nur aus mit Reisig bekleideten Latten, welche den Wind brechen, ohne ihn völlig abzuschneiden, gerade so wie es an anderen Orten schützende Häuser thun. Ist der Wind mit Kochsalz beladen, wie Focke annimmt, so würden die

Bäume dennoch von diesem betroffen werden und die Schutzwände dürften einen Erfolg nicht erkennen lassen. Vor allem ist von Focke gar nicht dargelegt worden, in welcher Weise das Kochsalz die Bäume zu Grunde richten soll. Von irgend einer sichtbaren Wirkung auf die Organe der Bäume ist nicht das mindeste berichtet. Zwischen dem Eintreffen des mit Kochsalz beladenen Windes und dem Zugrundegehen ganzer Bäume klafft eine gewaltige Lücke für das Verständnis. Die Behauptung, der salzige Seewind richte die Bäume «direkt» zu Grunde, ist wissenschaftlich nichtssagend. Einige Versuche, welche ich mit Seewasser und Baumblättern anstellte, ergaben nicht das geringste Resultat in Fockes Sinne. Außerdem sprechen meine Beobachtungen derselben Blattschäden durch kochsalzfreien Wind, welche ich weit von der Küste entfernt anstellte, ganz uud gar gegen die Mitwirkung des in der Luft suspendierten Kochsalzes. Das war ein bloßer Einfall, dessen Richtigkeit im Bereich der Möglichkeit lag, den ich aber als endgültig widerlegt ansehe.

Folgende Thatsache wäre unter Fockes Ansicht ganz unerklärlich. Auf Norderney findet man kleine Bestände von Erlen, von denen einige auch auf den Stranddüuen steheu und dem Seewinde ausgesetzt sind. Diese Bestände haben eiue auffalleude Form, nämlich geuau den Umriß einer Düne mit langer flacher Böschung nach dem Meere zu, mit steiler an der Leeseite (Bild Nr. 1). Die Form der Gehölze entsteht dadurch, daß die vorderen Pflanzen die hinteren vor dem Winde schützen und jede über ihren Vordermann ein wenig hervorragen lassen. So bildet das gauze Gehölz eiue dachförmige, dem Meer zugeneigte Fläche. Natürlich wäre diese dem Kochsalzsprühregen ganz besonders ausgesetzt, und doch gehen die Bäume nicht zu Grunde. Gegen den Salzregen würde die Form des Gauzen gar keinen Schutz gewähren, gegen den Wind dagegen ist der ganze Bestand durch den Zusammenschluß geschützt. Der Wind kann den Kroneu nicht beikommen, er läuft wie auf einer schiefeu Ebene über das Blätterdach hin, ohne in dasselbe einzudringen.

Ganz besonders aber werde ich der Ansicht Fockes gegenüber noch zu der Frage gedrängt: Warum sollen nur die Bäume durch das Kochsalz leiden, die ganze krautige Vegetation der Inseln und Küsten dagegen gleichgültig sein?

Borggreve trat in eiuem Aufsatze «Über die Wirkung des Sturmes auf die Baumvegetation»[1] Fockes Ansichten entgegen, freilich nicht mit so durchschlagenden Gründen, daß die Ansicht von der «direkt töteuden Wirkung» des Kochsalzes aus den heutigen Handbüchern verbannt worden wäre. Borggreve stellt eine andere Ansicht dagegen, ebenfalls ohne Untersuchungen

[1] Nat. Ver. Bremen. III. Bd., p. 251.

anzustellen. Er behauptet, daß es einzig und allein der mechanische Einfluß des Windes sei, welcher nachweislich das Gedeihen der überhaupt in Deutschlands Küstenprovinzen heimischen Holzgewächse beeinträchtigt. Das gesperrt gedruckte «nachweislich» scheint mir sehr kühn in Anbetracht der in Borggreves Abhandlung völlig fehlenden Nachweise.

Die allgemein bekannte Thatsache der Verunstaltung der Bäume in stürmischen Gegenden wird einfach als Nachweis angesehen. Für Borggreves Behauptung, «daß die dem Winde entgegengesetzten Zweige vom Sturm umgebogen und durch gegenseitiges Peitschen und Reiben während des Winters nicht allein ihrer Knospen, sondern auch zum Teil ihrer Rinde beraubt würden», liegt der Nachweis durch Untersuchungen nicht vor.

Auch hier handelt es sich bloß um Meinung und deren Diskussion, nicht um wissenschaftliche Untersuchung. Und diese Diskussion ist noch dazu eine ganz einseitige, da sie sich gar nicht mit dem Winde befaßt, sondern nur mit der extremsten Luftbewegung, dem Sturme. Durch den Sturm können natürlich Beschädigungen eintreten, aber sie sind nicht die eigentliche Ursache, daß gesunder Baumwuchs an den Küsten unmöglich ist, wie Borggreve sagt.

Ich habe durch die oben mitgeteilten Beobachtungen festgestellt, daß die Schädigung und endliche Vernichtung der Blätter durch den Seewind gewöhnlicher Stärke ein langsamer Prozeß ist, der naturgemäß gar nicht in die Zeit der Stürme im Winter fällt, sondern zur Zeit der Belaubung der Bäume im Sommer stattfindet. Es ist nicht der kürzere heftige Anprall des Sturmes, sondern der ohne Unterlaß wehende und verzehrende Wind, der die Blätter langsam den Trockentod sterben läßt. Stürme können Bäume entwurzeln oder zerbrechen, sind aber nicht die Ursache des schlechten oder fehlenden Baumwuchses auf den Inseln und an Küsten.

Ich glaube, daß dieser Satz allgemeine Gültigkeit haben wird, daß es ein Irrtum ist, das Fehlen oder Verkümmern des Baumwuchses in Gegenden mit stürmischem Klima, z. B. den Falklandsinseln, den mechanischen Wirkungen der Stürme zuzuschreiben. Es ist vielmehr auch hier eine Wirkung des konstant wehenden starken Windes, welcher der größte Feind der Blätter ist.

Die Annahme bloßer mechanischer Wirkungen des Windes als pflanzengeographische Ursache für das Fehlen von Baumwuchs scheint mir sehr schwach oder gar nicht begründet zu sein. Das Verbiegen der Äste der Bäume, welches durch den mechanischen Druck des Windes veranlaßt wird, ist zwar eine Verunstaltung, aber doch thatsächlich ebensowenig eine Ge-

fährdung der Existenz als das künstliche Verbiegen der Äste bei einem Spalierobstbaum. Der Wind wirkt dort ähnlich wie hier der Züchter auf die jungen Triebe und zwingt sie in eine bestimmte Richtung, solange bis sie verholzt sind und nun auch ohne Winddruck die fixierte Stellung beibehalten müssen. Das ist aber noch kein Schaden für deu Baum, wenn auch seine Schönheit beeinträchtigt wird. Es ist zu verwundern, daß die Autoren gerade diese Art der Windwirkung auf den Inseln und an den Küsten so hervorheben und als örtlich besonders merkwürdig bezeichnen, während sie ganz vergessen, daß man, wenn auch nicht in extremster Form, doch sehr deutlich ganz dieselbe richtende Wirkung des Windes auf die Baumäste im Binnenlande, an manchen Orten auf jeder Chaussee beobachten kann. Warum soll denn dort die mechanische Windwirkung die Bäume ausrotten, währeud das hier nicht geschieht?

Ich halte die ganze Ansicht für falsch. Schaden am Baum tritt erst eiu, wenn die Blätter, die im Gegensatz zu Ästen und Zweigen doch sehr empfindliche Organe sind, vom Winde beschädigt oder vernichtet werden. Dazu ist keiu Sturm nötig. Man hat, immer nur an das Extreme denkend, nicht daran gedacht, Wirkungen des konstanten Windes vorauszusetzen, geschweige denn zu beobachten. Wenigsteus ist das aus der Litteratur nicht ersichtlich.

Von andern Seiten ist nun noch in jüngster Zeit behauptet worden, daß Winde an der Seeküste vorwiegend durch den Seesand den Bäumen schaden, den sie in die Höhe reißen und gegen die Bäume schleudern. So heißt es bei Gerhardt[1]: «Daß der pflanzliche Organismus unter dem unausgesetzten Anschlagen und Reiben der Sandteile in Verbindung mit dem gegenseitigen Sichberühren und Peitschen der Baumkronen, der Äste, Zweige, Nadeln und Blätter leiden muß, liegt auf der Hand».

Dem ist nun zu entgegnen, daß ein «unausgesetztes» Anschlagen und Reiben des Sandes gar nicht vorhanden ist. Ich habe das wenigstens nirgends an der See beobachten können. Man muß das auch von vornherein bezweifeln, da sonst wohl Badegäste es kaum dort aushalten würden, wo der Wind unausgesetzt mit Sand schlägt. Ich verweise auf die interessanten Untersuchungen von Sokolow[2] über die Düneu, in denen auf die relativ geringe Tragfähigkeit des Windes für Sand besonders hingewiesen ist, von der mau sich beim Aufenthalt in Dünengegeuden leicht überzeugt.

[1] Handbuch des deutschen Dünenbaues. 1900, p. 438.

[2] Sokolow, Die Dünen, deutsch von Arzruni. 1897.

Nach Sokolow streifen die Sandkörner von 0,25 mm d. bei einer Windgeschwindigkeit von 4,5 m in der Sekunde noch den Boden, bei einer Geschwindigkeit von 15 m (die schon einem starken Winde entspricht) erst erheben sich Körner von 1 mm ziemlich hoch in die Luft. Ist der Wind nicht sehr stark und der Sand nicht sehr fein, so findet die Fortbewegung meist an der Oberfläche des Bodens selbst oder in einer Höhe von wenigen Centimetern statt.

Ich habe auf Borkum ein derartiges Beladensein des Windes mit Sand, wie es Gerhardt annimmt, nicht beobachtet. Freilich, wenn man auf einer Sandebene geht oder unterhalb einer Düne, kann man im Gesicht bei starkem Winde gelegentlich das Sandtreiben empfinden. Aber zur Höhe von Bäumen wird sich der Sand in größeren Massen nicht erheben. Dies kommt nur bei der Bildung von Sandhosen vor. Es widerspricht aber am meisten der Gerhardtschen Ansicht die Thatsache, daß auch da, wo das Auftreten des Sandes wegen getroffener Schutzmaßregeln gar nicht stattfindet (vergl. Handbuch des Dünenbaues, p. 440), die Bäume dieselben Beschädigungen zeigen. Die komplizierte Hypothese des Verfassers, daß in diesem Falle Eiskrystalle die Beschädigungen hervorrufen, halte ich für unhaltbar. Die ganze Vorstellung des Verf. von der Bildung der Eiskrystalle durch die Seewinde scheint mir physikalisch bedenklich, die Wahrscheinlichkeit der Beschädigung durch Eiskrystalle, welche auch an Ästen und Zweigen entstehen sollen, ebenso gering. Für mich ist die ganze Ansicht deshalb hinfällig, weil, wie ich schon erwiesen, der Baumwuchs durch Windschaden im Sommer unmöglich gemacht wird. Es scheint mir auch eine gewagte Annahme, daß Eiskrystalle, die man mit dem Auge nicht mehr wahrnimmt und die, da selbst sehr kleine Krystalle durch Reflexe noch sichtbar werden, von verschwindender Größe sein müßten, so schwere mechanische Beschädigungen an den resistenten Geweben der Baumrinde und an Winterknospen hervorrufen sollen, daß die Bäume zu Grunde gehen (l. c. p. 440). Ich glaube, daß hier die Phantasie den Thatsachen gewaltigen Zwang anlegt.

Ich bin also durchaus überzeugt, daß die Hemmung und vollständige Unterdrückung des Baumwuchses ganz allein auf dem langsam zerstörenden Einfluß des Windes auf die Blätter beruht. Es wird Bäumen ganz unmöglich gemacht zu existieren, wenn alljährlich ihre Blätter auch nur zum Teil vor der Zeit vertrocknen. Sie müssen immer mehr geschwächt werden und gehen endlich zu Grunde. Da aber schon bei jungen Bäumen die austrocknende Wirkung des Windes beginnt, so kommt es auf den Inseln gar nicht dazu, daß Bäume, wenn ihnen nicht künstlicher oder natürlicher Schutz durch Gebäude, Schutzwände oder Dünen gegen den Wind zu teil wird, überhaupt aufkommen. Daß dieses langsame, aber völlige Austrocknen

der Blätter durch den Wind die Ursache eines Verschwindens für den Baumwuchs sein kann, darüber braucht kaum ein Wort verloren zu werden. Wir wissen, daß der Schaden in Wäldern durch Forstinsekten, durch Frost oder durch Hüttenrauch ganz allein auf der Tötung der Blätter beruht. Es handelt sich hier auf den Inseln um den gleichen Fall, nur ist die Ursache eine andere. Mit Rücksicht auf die bisher herrschende Ansicht von der mechanischen Wirkung des Windes auf Bäume habe ich mehrfach an absterbenden kleineren Bäumen, die dem Winde ausgesetzt waren, Untersuchungen angestellt, aber niemals Hinweise darauf gefunden, daß das Absterben auch nur zum Teil durch Reiben und Schlagen der Äste und Zweige aufeinander veranlaßt werden könne. Das war meistens wegen der Stellung der Verzweigungen gar nicht möglich.

Ich weise übrigens darauf hin, daß man unter Umständen auch bei uns auf dem Festlande diese blatttötende Wirkung des Windes sogar in relativ windfreien Lagen beobachten kann, nämlich in ausnahmsweise trockenen Sommern. Wenn der Niederschlag abnorm lange aussetzt, so vertrocknet ein Teil der Blätter durch die Windwirkung vollständig, da keine genügende Wasserzufuhr vom Boden aus stattfindet. Man wird auf diese Windwirkung dadurch aufmerksam, daß derselbe endlich die braunen Blätter herabschüttelt. Gewöhnlich wird die Erscheinung nur nicht richtig gedeutet und man hört von einem «frühen Herbst» reden. Das ist aber keine Herbsterscheinung, sondern bloße Windwirkung, die durch das abnorme Mißverhältnis in der Wasserzufuhr hervortritt, in normalen Jahren ganz ausbleibt.

Einen ausreichenden Beweis für die Richtigkeit meiner Beobachtung und ihrer Deutung sehe ich an dem Gedeihen der Bäume auf den Nordseeinseln, wenn die unmittelbare Einwirkung des Windes ausgeschlossen wird. Auf Borkum gedeihen im Schutze der Häuser des Dorfes ganz stattliche Bäume, namentlich Weiden, im Ostlande auch große Eschen und Obstbäume. Es ist bekannt, daß, wenn ein starker Wind gegen eine senkrechte Wand trifft, er an dieser hinaufläuft und erst weiter entfernt hinter ihr wieder fällt, so daß ein windstiller Zwischenraum entsteht. Die Bäume haben also hinter den Häusern einen vollkommenen Schutz. Im Ostlande sind diese Bäume nicht bloß von Gebäuden, sondern auch gegen NE, NW und SW durch Dünenketten geschützt. Auf Borkum kann man ganz genau beobachten, wie die über das Dach hinausragenden Zweige ihre Blätter durch den Wind durch Vertrocknen verlieren. Von einem gegenseitigen Reiben der Zweige ist gar keine Rede. Auffallend ist auch, daß bei in Reihen gepflanzten Bäumen, die der Windrichtung parallel sind, der äußerste, dem Winde ausgesetzte Flügelmann die übrigen zum Teil deckt und ihnen Schutz gewährt, solange er

selbst aushält. Ebenso gewähren lebendige Hecken von *Crataegus* den Gärten so lange einen wirksamen Schutz, bis ihre Blätter abgestorben sind und nun der Wind Durchgang findet.

Obgleich es sich hier nicht um Theorien, sondern um Beobachtungen handelt, könnte vielleicht der Einwand gemacht werden, daß der Seewind feucht sei, infolgedessen das Vertrocknen der Blätter im Winde auffallend erscheint. Dazu ist zu bemerken, daß der Seewind, wenn auch feucht, doch lange nicht mit Wasserdampf gesättigt ist. Wie gut ein feuchter Luftstrom noch trocknend wirkt, lehrt die primitivste Beobachtung, da man mit dem feuchten Luftstrom der Lungen Schrift zu trocknen pflegt. Es kommt offenbar vor allem auf den Luftwechsel an, durch den immer neue zur Aufnahme des Wasserdampfes der Blätter fähige Luft zugeführt wird. Auch ist die trocknende Wirkung des Windes selbstverständlich, da die Pflanzen sich schon infolge anderer Bedingungen im Zustande ausgiebiger Transpiration befinden. Helle Beleuchtung fördert die Transpiration, wie aus den Versuchen Wiesners hervorgeht. Diese Beleuchtung herrscht auf den Inseln und es kommt hinzu, daß im Sommer die Oberfläche des Bodens, dem die Blätter vieler Pflanzen aufliegen, stark erwärmt wird. So kann man annehmen, daß die Zellen sich schon in einem Maximum der Wasserabgabe an die Intercellularen befinden. Nun tritt der Wind hinzu. Er steigert die Verdunstung zum Extrem und die Wasserzufuhr durch die Leitungsbahnen wird zuerst die peripherischen Teile der Blätter nicht mehr erreichen. Gewebepartien fangen an zu kollabieren und werden dann vom Winde leicht vollständig ausgetrocknet.

Ich glaube, daß durch die hier vorgelegten Beobachtungen und Erörterungen die Wirkung des Windes auf den Baumwuchs besser verständlich geworden ist als bisher, wo man auf Borggreves und Fockes wenig begründete Ansichten angewiesen war. Der Angriff des Windes auf die wichtigsten Organe der Bäume, auf die Blätter, läßt es verständlich erscheinen, daß auf den Inseln ein Baumwuchs an nicht geschützten Stellen unmöglich ist.

Man kann daher die Frage, ob die Inseln früher bewaldet gewesen sind, bestimmter beantworten als bisher, wo man das wesentliche Gewicht auf das Vorkommen von auf dem Festlande in Wäldern wachsenden Pflanzen, wie *Pirola rotundifolia* und *Monotropa glabra*, legte, um das Vorhandensein früherer Wälder auf den Inseln zu begründen. Das Vorkommen der genannten Pflanzen scheint mir allein nicht maßgebend zu sein, sie können auch ohne Waldbestände von vornherein hier die Bedingungen für ihre Existenz gefunden haben. Eine Beschattung finden beide hier durch die niedrigen Bäumchen von *Hippophaë* gerade so gut wie unter hochstämmigen Kiefern. Ich glaube aber mit Bestimmtheit sagen zu können, so lange das heutige Windklima

herrscht, können Wälder hier nicht existiert haben. Es ist deshalb wenig glaubhaft, daß, wie einige Chronisten angeben, auf einigen Nordseeinseln sogar noch in historischer Zeit Wälder existiert haben sollen.

Wenn nun der Wind so bedeutende Eingriffe in die Baumformationen zeigt, so steht es für mich fest, daß einem so machtvollen klimatischen Faktor auch die übrige Vegetation unterliegen müsse. Nirgends fand ich eine Beziehung der eigentlichen Inselvegetation zum Winde in der botanischen Litteratur angegeben. Nur in einem populären Aufsatze von Knuth über die Insel Sylt[1] findet sich ohne weitere Ausführung oder Begründung in zwei Zeilen die Äußerung, «die pygmäenhafte Kleinheit vieler Pflanzen sei auffallend. Die Pflanzen drückten sich dem Boden an, um sich vor dem Winde zu schützen.»

Warming hat diese Ansicht als teleologische schon kritisiert, indem er sagt: «Man könnte dann mit demselben Recht sagen, die Bäume beugen sich so oft nach Osten, um sich vor der Macht der Winde zu schützen».[2]

Freilich ist mit der hingeworfenen, in teleologische Form gefaßten Meinung Knuths nichts anzufangen. Doch kann ich der scherzhaften Behandlung, mit welcher Warming biologischen Spekulationen überhaupt entgegentreten möchte, weil man leicht fehl gehe, nicht zustimmen. Die bloße Beschreibung, mit welcher Warming in seinen «psammophilen Formationen» sich begnügt, giebt doch nur über eine Seite dieser Formationen Auskunft und reicht allein zu einem vollen Verständnis nicht aus. Man wird bei alleinigen Schlüssen aus der Morphologie nicht weniger fehl gehen wie bei einseitiger Verfolgung des anderen Weges. Ohne eine Idee wird die Morphologie eine tote Wissenschaft bleiben».

Es ist einleuchtend und hat mit bloßer Teleologie nichts zu thun, daß der oben von mir als allgemeine Thatsache hervorgehobene niedrige Wuchs eine Eigenschaft ist, die zunächst vom Winde unabhängig sein kann, aber im Widerstand gegen denselben zum Überleben solcher Formen im Kampf ums Dasein führt.

Daß diese Beziehung zwischen Wind und Inselvegetation bisher nicht zum Ausdruck gekommen ist, rührt daher, daß die Pflanzengeographie bis heute noch kein genügend großes Gewicht auf das so eminent hervortretende klimatische Element, den Wind, gelegt hat. Kihlmann[3] hat zwar sehr deutlich darauf hingewiesen, daß in den arktischen Gegenden der Wind gewisse Erscheinungen hervorrufe, die man bisher der niedrigen Temperatur oder

[1] Humboldt, 1888, p. 104.

[2] Warming, De psammophile Formationer i Danmark. Videnskab. Meddelelser Kjöbenhavn. 1891, p. 200.

[3] Kihlmann, Pflanzenbiologische Studien aus Russisch-Lappland. Helsingfors 1890.

andern Faktoren zugeschrieben hat, aber er konnte aus diesen Beobachtungen keine allgemeinen Folgerungen ziehen, indem er selbst p. 104 seiner Abhandluug sagt, «die Verhältnisse treten in südlicheren Luftstrichen nur ganz kurz oder an vereinzelten abnormen Tagen auf». Es konnte daher auch niemand versuchen, die auf jene Beobachtungen begründete Ansicht einfach zu verallgemeinern und ohne Beobachtungen in unseren Breiten auf diese zu übertragen. Vor allem war das nicht möglich wegen der ganz anderen Verhältnisse von Luft- und Bodentemperatur dort (Grundeis) und bei uns.

Und so ist es vollkommen begreiflich, daß bei ganz fehlenden andern Untersuchungen Schimper in seiner Pflanzengeographie, welche den heutigen Stand der Wissenschaft vollständig nnd kritisch behandelt, p. 174 sagt: «Die Gliederung der Pflanzendecke der Erde ist von drei Faktoren beherrscht: Wärme, Hydrometeore (mit Einschluß des Windes) und Boden. Die Wärme liefert die Flora, die klimatische Feuchtigkeit die Vegetation, der Boden sortiert und nuanciert in der Regel nur das von den beideu klimatischen Faktoren gelieferte Material und fügt einige Details aus Eigenem hinzu.»

Anfangs noch in Klammern mit genannt, wird der Wind am Schlusse dieser Grundsätze ganz ausgeschaltet, ein Beweis, daß das vorliegende Beobachtnngsmaterial nicht ausreichend ist, ihm eine dominierende Bedeutung beizumessen. Dem entspricht, daß man auch in dem Kapitel des Schimperschen Werkes, welches über den Wind speciell handelt, außer den oben besprochenen, bisher herrscheuden Ansichten Fockes und Borggreves (p. 84) und den Beobachtungen Kihlmanns, die sich alle auf Baumwuchs, nicht auf die Vegetation im allgemeinen beziehen, keine weiteren Ausführungen findet. Auch in einigen anderen Kapiteln, z. B. bei den Savannen und bei den Strandvegetationen, ist wohl vom Winde die Rede, jedoch ebenfalls nur mit Rücksicht auf die Schirmbäume und im allgemeinen, ohne daß der Wind gegenüber der Temperatur und Feuchtigkeit besonders hervorträte. Vor allem ist nirgends die Abhängigkeit der ganzen Vegetation vom Winde als Grundsatz aufgestellt worden.

Zu diesem Grundsatze bin ich aber durch meine Beobachtungen immer mehr gedrängt worden und glaube es aussprechen zu dürfeu, daß der Wind einer der allerwichtigsten pflanzengeographischen Faktoren ist. Nachdem ich den ganzen Sommer hindurch täglich seine unausgesetzte Thätigkeit empfunden und an den Bäumeu beobachtet hatte, lag es auf der Hand, daß der Wind auf die strauchartige und krautige Inselvegetation in irgend einer Weise einwirken müsse. Daß die Art der Einwirkung da zu suchen sei, wo sie bei Bäumen sich zeigt, ist ebenfalls eine berechtigte Annahme. Die Beobachtung bestätigte bald, daß an dem Winde ausgesetzten Stellen die nied-

rigen Sträucher von *Hippophaës rhamnoides* in derselben Weise vom Winde beschädigt werden können als die Bäume der Inseln. Die Struktur der Blätter ist nur eine derartige, daß sie dem ewigen Nagen des Windes gewachsener sind als *Crataegus*, *Fraxinus* oder *Ampelopsis*. Das Vertrocknen der Blätter geht hier viel langsamer vor sich und es dauert Jahre, ehe der *Hippophaë*-strauch sich ergeben muß, verdorrt und als blattlose Mumie dasteht. In Dünenthälern, welche dem Winde durch Wanderung oder Einsturz der schützenden Düne geöffnet werden, erblickt man ganze Gebüsche von *Hippophaës*, die auf die obenbeschriebene Weise vom Winde entblättert und abgestorben sind. Diese Thatsache der toten Büsche ist mehrfach beobachtet, aber nicht erklärt worden. Buchenau giebt auch in seiner Flora, wie früher in seinen Abhandlungen, an, daß *Hippophaës* aus unbekannten Gründen oft völlig absterbe.[1] *Hippophaës* kann einiges aushalten, aber wehe den weichblätterigen Kräutern, die, zwischen ihnen aufgewachsen, nach dem Verschwinden einer schützenden Dünenwand vom Winde erfaßt werden! *Epilopium* und andere aufrechte Pflanzen trocknen bei lebendigem Leibe langsam zu einer zerreiblichen braunen Mumie zusammen.

Es ist von mir durch ausreichende Beobachtungen festgestellt, daß niedrige Sträucher und Kräuter ebenso wie die Bäume in ihrer Existenz durch den Wind bedroht werden. Auch diese Pflanzen würden verschwinden, wenn sie nicht in ihrem niedrigen Wuchs die Eigenschaft besäßen, welche ihnen ermöglicht, oft hinter den kleinsten Erhebungen des Bodens den Schutz zu finden, der sie vor der Windwirkung bewahrt. Natürlich bin ich nicht geneigt, diesen niedrigen Wuchs sogleich als eine Anpassung zu bezeichnen, als eine Schutzeinrichtung, die erworben ist, um Schutz zu erlangen. Aber es ist meiner Ansicht nach eine unbestreitbare Thatsache, daß der niedrige Wuchs diesen Schutz gewährt, daß die Pflanzen an geschützten Stellen erhalten bleiben, während andere, die mit aufrechtem Wuchs nicht besondere anatomische Schutzmittel gegen das Vertrocknen vereinigen, wie *Psamma arenaria*, zu Grunde gehen. Gelingt es dem Winde da, wo sich im Schutze einer Düne eine Vegetation angesiedelt hat, einzubrechen, so beginnt er sein Vertrocknungswerk und das Resultat, wie die Pflanzendecke sich weiter gestaltet, hängt ab vom Widerstande gegen den Wind. Auf die Dauer besiegt er alles und schafft bei ungehindertem Zutritt die Wüste.

Solche Fälle, wo geschützte Stellen entblößt werden, sind in den Dünen sehr häufig. Es ist nicht allein das Wandern des Flugsandes, das die Dünen

[1] Um vor Irrtum zu bewahren, bemerke ich, daß am Strande auf Helmpflanzungen oft abgeschnittene, verdorrte *Hippophaë*büsche eingesteckt werden, um das Betreten der Pflanzungen zu verhindern.

verändert, sondern, was ich wenig hervorgehoben finde, der Einsturz der Dünen durch Regengüsse. Bei den starken Gewittern, welche ich in Borkum erlebt habe, habe ich gewaltige Verschiebungen und Rutschungen des Dünensandes beobachtet, veranlaßt durch die unterwaschende Wirkung des Wassers in dem lockeren Material der Sandberge. Dadurch werden oft plötzlich Thäler nach der See zu offen uud dem Winde zugänglich.

Beobachtet man auf den Nordseeinseln das Verhalten der Pflanzen zum Winde, so ergiebt sich, daß sie in mannigfach verschiedener Weise im Kampfe sich verhalten, offenbar gemäß der Widerstandsfähigkeit ihrer Blätter gegen das Vertrocknen. Steigen wir vom Strande hinauf in die ersten Dünenthäler hinein, so findet man *Hippophaës* in größerer Menge, wenn auch noch zerstreut, *Salix* viel seltener. *Hippophaës* wagt sich sogar, so hoch es geht, auf die Hänge hinauf. Allein der Habitus ist hier ein anderer als im Innern der Iusel. Dort die Form eines aufrechten Strauches zeigend, liegt in den dem Strande nahen Dünen *Hippophaës* am Boden und weicht dadurch dem Feiude aus. Diese niederliegenden Exemplare machen aber im ganzen einen verkümmerten Eindruck. *Salix repens* hält sich nicht allein vom Strande möglichst fern, sondern schmiegt sich auch noch in den Dünenthälern jeder Bodenvertiefung in so auffallender Weise an, daß man es nicht übersehen kann und überall den Eindruck besonderer Schutzbedürftigkeit dieser Pflanze empfängt. Es würde meiner Meinung nach ganz unmöglich sein, *Salix repens* zur Befestigung der Stranddünen zu benutzen, sie würde vom Winde vernichtet werden. Noch mehr zu Boden gestreckt wächst *Rubus caesius*, dessen lange Sprosse flach auf dem Boden liegeu, wodurch seine gegen Austrocknen mehr als bei *Hippophaës* und *Salix* empfindlichen Blätter wirksam geschützt werden.

Daß der Wind allein *Hippophaës* in den Stranddünen so niedrig hält uud nicht etwa Bodeneinflüsse, z. B. Nahrungsmaugel, Mangel an Wasser, maßgebend sind, geht daraus klar hervor, daß im Ostlande auf g a n z g l e i c h e m D ü n e n s a n d e, aber an einer besonders geschützten Stelle *Hippophaës* ein Gebüsch von 2 m hohen Bäumchen bildet. Es ist das einzige auf der Insel.

Bisher hat man nur die richtende Wirkung des Windes auf die Äste von B ä u m e n hervorgehoben. Es scheint mir durchaus nicht zweifelhaft, daß der Wind auch bei der Strauchvegetation diesen Einfluß ausübt und selbst durch steten Druck auf die Äste, den kriechenden Wuchs an solchen Stellen noch befördert, wo er freien Zutritt hat. Es ist ganz offenbar, daß der Wind einen bedeutenden Druck auf die Bodenunterlage ausübt. Das ergiebt sich aus der Beobachtung der Sanddünen selbst. Die geneigte Oberfläche ganz unbewachsener Dünen bildet nicht nur eine glatte Fläche, sondern ist fest, als ob sie durch Druck mit einem ebenen Brett festgestampft wäre.

Die Ursache dieser dichteren Beschaffenheit der Dünenoberfläche ist der Wind. Es erscheint mir nun klar, daß auch die Pflanzen diesem Vertikaldruck des Windes unterliegen und sich ihm anpassen müssen. Ganz besonders werden die Sträucher mit ihren biegsamen Zweigen, wie *Salix repens*, *Lotus* und andere, dem Druck nachgeben und sich dem Boden anlegen müssen, ebenso wie Baumäste durch den seitlichen Druck gebogen werden. Auch kleinere Pflanzen, wie *Jasione montana*, *Hieracium umbellatum*, *Salsola Kali*, und die rasenbildenden, wie *Glaux*, *Galium* u. a., werden, besonders auf den Stranddünen, dem Boden infolge des Winddruckes sich anschmiegen müssen. Damit ist dann ein Schutz gegen den austrockuenden Luftstrom unmittelbar gegeben und diese Pflanzen sind seinem Einflusse so gut wie entzogen. Man kann also hier mit Recht auch von einer Anpassung an den Wind reden, die darin besteht, daß der Wind durch wiederholtes Niederbiegen die Sprossen zwingt, diese Richtung endlich dauernd anzunehmen, was bei verholzenden Trieben unausbleiblich ist. So wird der Wind durch seine Druckkräfte Veranlassung des niedrigen Wuchses, der dann zum Schutz gegen sein Austrocknungsvermögen wird.

Bei den mit rosettenförmigen Blättern versehenen Pflanzen liegt wohl die Sache anders. Ihre Form beruht zunächst auf den Eigenschaften der Species und außerdem wird hier die Beleuchtung eine Rolle spielen. Daß diese Eigenschaften im Kampf mit dem Winde erworben sind, scheint mir zweifelhaft. Ich halte diesen rosettenförmigen Wuchs nicht für eine Anpassung. Das aber ist sicher, daß diese Eigenschaft der Form gerade diesen Pflanzen die Existenz ohne Schaden dort ermöglicht, wo aufrechte Pflanzen durch den Wind vernichtet werden. Sie sind wie die mit ihren Sprossen kriechenden Pflanzen dem schärfsten Luftstrom entzogen und finden ebenfalls durch die kleinen Unebenheiten des Bodens vollständigen Schutz. Indem sie also den Kampf ums Dasein überstehen, wird der Wind zum **auslesenden Faktor**, der endlich bestimmt, was bleiben soll, was nicht, und der so der ganzen Flora den einheitlichen Charakter aufdrängt. Es war mir von besonderem Interesse zu beobachten, wie der Erfolg der Ansiedlung neuer Ankömmlinge davon abhängig ist, ob sie diesen Forderungen entsprechen. *Oenothera biennis* ist auf mehreren Inseln, Norderney, Baltrum, Langeoog, in die Dünen eingedrungen.

Diese zweijährige Pflanze bildet im ersten Jahre dicht an den Boden angepreßte Blattrosetten, denen der Wind nichts anhaben kann, erst im zweiten Jahre erhebt sich der aufrechte Blütenstengel, und man kann hier an derselben Pflanze beobachten, wie die aufrechten Stengel im Gegensatz zu den Bodenrosetten leiden und zusammentrocknen.

Es giebt auf den Inseln auch eine Anzahl aufrecht wachsender Pflanzen. Ihre immerhin beschränktere Zahl widerspricht nicht dem eben Erörterten. Diese Pflanzen können, wie die Beobachtung auf Borkum lehrte, entweder nur an ganz geschützten Stellen sich ansiedeln oder sie haben, wenn sie an windigen Stellen wachsen, sämtlich in ihrer xerophilen anatomischen Struktur Schutzmittel gegen das Austrocknen ihrer Blätter, wie die *Juncaceen* und vor allem *Psamma arenaria*.

Psamma arenaria ist, wie mir scheint, die windbeständigste unter den Dünenpflanzen. Sie ist auch für diesen Kampf vortrefflich ausgerüstet durch die Fähigkeit, ihre Blätter einzurollen, wodurch das Blatt die Form eines cylindrischen, nach allen Seiten durch das Sklerenchymgewebe der Unterseite des Blattes geschützten Drahtes annimmt. Durch das Einrollen wird die am meisten verdunstende Fläche, die Oberseite des Blattes, vor dem Vertrocknen geschützt.

Das scheint mir das eigentliche Ziel des Einrollungsmechanismus zu sein. Ich bin nicht der Ansicht **Buchenaus**, welcher ihn p. 399 seiner Abhandlung über *Psamma* als Schutz gegen Versandung auffaßt.[1]

Ich halte auch nur deshalb die *Psamma* für eine zur Bepflanzung der Außendünen ganz unentbehrliche Pflanze, weil keine wie sie dem Winde gewachsen ist. Die Meinung **Buchenaus**, als ob diese Pflanze ganz besonders zur Befestigung der Dünen vor allen andern befähigt sei, kann ich nicht teilen. Es giebt eine Menge Pflanzen, die viel besser zur Befestigung der Dünen geeignet wären, wenn sie den Wind aushalten könnten, wie die *Psamma*. Die Wuchsverhältnisse von *Psamma arenaria* sind gar nicht solche, daß sie die Dünen besonders befestigen können. Das ist eine Konstruktion, die zu Gunsten der Pflanze gemacht erscheint, um ihre ursprünglich empirische Anwendung zur Dünenpflanzung wissenschaftlich zu begründen. Diese wissenschaftliche Begründung liegt aber nicht, wie **Buchenau** glaubt, in ihren Wuchsverhältnissen, sondern ausschließlich in ihrer ganz besonderen Widerstandsfähigkeit gegen den Wind. Werfen wir einen Blick auf die Möglichkeit, die Dünen durch Pflanzen zu befestigen, so ist ganz klar, daß das Problem darin liegt, die **Oberfläche der Dünen** durch Pflanzenwuchs festzumachen. Das könnte nur durch dicht zusammenschließende **rasenbildende** Pflanzen geschehen. Denn genau wie der Wind nur die Oberfläche des Wassers zu Wellen aufwirft, so kann er auch nur an der Oberfläche der Dünen angreifen, um sie zu verwehen und zu verändern. *Psamma arenaria* ist aber keine rasenbildende Pflanze. Sie wächst in getrennten büschelförmigen Individuen, und wie wenig ihre Sprosse die Düne

[1] **Buchenau**, Über die Vegetationsverhältnisse des Helms. Nat. Ver. Bremen. Bd. X, p. 397.

befestigen, das kann man bei Wind und Gewitter gut beobachten, wo der Sand zwischen den Helmpflanzen mit Leichtigkeit fortgeführt wird. Es scheint mir ferner wenig Überlegung mit der Ansicht verknüpft zu sein, daß die unterirdischen Ausläufer der *Psamma* ganz besonders zur Befestigung der Dünen beitragen sollen.[1]

Es ist klar, daß die Kohäsion des Sandes einer Düne dadurch nicht vermehrt, sondern vermindert wird, daß Ausläufer dieselbe nach allen Richtungen durchkriechen. Man braucht auch bloß bei Unwetter das Abrutschen von Dünen zu beobachten, um sich zu überzeugen, daß die Ausläufer die Düne nicht zusammenhalten, sondern daß gerade dort, wo sie liegen, der Sand abrutscht, so daß die Ausläufer bloßgelegt und dem vollständigen Vertrocknen preisgegeben sind.

Psamma ist um so weniger die ideale Pflanze zum Befestigen der Düne, als sie einen dichten Wuchs nicht erträgt, weil sich die Pflanzen dann zu sehr beschatten, was sie nach meinen Beobachtungen sehr ungern ertragen. Das scheint mir die Lösung der auch von Buchenau l. c. p. 407 citierten populären Meinung der Insulaner, daß der Helm seine eigene Düngung nicht ertrage. Durch diese Eigenschaften ist der Helm also ungeeignet, das eigentliche Problem der Befestigung der Oberflächen der Dünen zu lösen.

Er hat allein den Nutzen, den Flugsand aufzufangen, freilich um ihn ebenso leicht wieder herzugeben. Aber zunächst ermöglicht er einen Bestand der Düne gegenüber schwächeren Angriffen des Windes und der Atmosphärilien. Die Fähigkeit, bei dem Zunehmen des Flugsandes wieder aus diesem herauszuwachsen, haben eine ganze Anzahl von Dünenpflanzen. Es ist dies also auch keine besondere «wundervolle» Fähigkeit des Helms.

Seine Windfestigkeit gegenüber allen anderen Pflanzen der Inseln ist der einzige wissenschaftliche Grund, der ihn als Dünenbefestigung empfiehlt. Das eigentliche Problem aber der Dünenbefestigung liegt darin, eine windbeständige Pflanze zu finden, welche Rasen bildet und die Oberfläche der Düne dem Angriffe des Windes entzieht. Systematische Versuche mit anderen Pflanzen wären hier wohl angezeigt.

Wenn von Buchenau und andern, die dies wiederholen, *Psamma* als die einzige Pflanze dargestellt wird, die die merkwürdige Eigenschaft besitze, bei Verschüttung durch Sand aus diesem wieder herauszuwachsen, so ist das eine einseitige Ansicht. Ich habe auf Borkum und Norderney eine ganze Anzahl Dünenpflanzen beobachtet, die ganz dieselbe Eigenschaft besitzen, vielleicht kommt sie sogar sehr vielen zu. Z. B. zeigt *Armeria vulgaris* das

[1] Buchenau, l. c. p. 401.

Herauswachsen in ganz ausgesprochenem Maße. Am Südstrande von Norderney steckt sie oft tief mit ihrem beblätterten Stämmchen im Sande und erhebt eine neue Generation von Blättern über demselben. Ebenso wachsen *Salix*, *Glaux*, *Eryngium* und andere aus dem Sande heraus.

Neben den besprochenen Sträuchern und der aufrecht dem Winde trotzenden *Psamma* müssen wir einen Blick auf die kleinen kriechenden Pflanzenformen, wie *Sagina nodosa*, die Zwergformen von *Erythraea* u. a., werfen. Wenn Knuth auf Sylt annahm, solche Pflanzen blieben so klein, um sich vor dem Winde zu schützen, so ist das keine wissenschaftliche Erklärung, denn der vorausgesetzte Zweck kann nicht als Ursache wirken.

Man kann zweierlei annehmen: Die geringe Körperlichkeit ist durch Nahrungsmangel verursacht. So nahe das bei dem Sandboden zu liegen scheint, so wenig befriedigte mich diese Erklärung, da neben den kleinen Formen oft kräftige andere Formen und Arten wachsen.

Es scheint mir dagegen nicht unwahrscheinlich, daß, wenn auch ein Teil der kleinen Formen diese Kleinheit als Arteigenschaft besitzt, bei anderen der Wind im stande gewesen ist, kleine Formen zu züchten.

Aster Tripolium z. B. ist auf den weiten Flächen der Außenweiden auf Borkum, wo der Wind herüberfegt, sehr niedrig und versteckt sich in dem Graswuchse, nur seine Blütenköpfe erhebend. An geschützten Stellen, an den tiefen Rändern des Flüßchens, ist dieselbe Pflanze bis 50 cm hoch. Man kann kaum diese Größenunterschiede als zufällig ansehen. Man kann sich aber wohl vorstellen, daß kleine Formen wieder kleine erzeugen, große wieder große. Wenn durch den Wind die Arten niedrig gehalten werden, so ist es wahrscheinlich, daß die ganze übrige Organisation der Pflanzen sich nach den Vegetationsorganen richtet. Es ist wohl denkbar, daß die zwergigen Formen, welche von dem Normalmaß der gleichen Art abweichen, auch kleinere Samen und durch diese wieder kleinere Individuen erzeugen. Die Ursache dieses Endresultates ist aber der Wind, welcher geradezu als Züchter erscheint. Ich halte diese Hypothese für durchaus berechtigt. Denn daß der Wind kleine Individuen durch Vernichtung der unter sonst gleichen Bedingungen höher werdenden züchtet, ist für mich Thatsache. Warum soll diese Zuchtwahl nicht zu einer Nachkommenschaft gleicher Körpergröße führen? Diese Ansicht scheint mir wissenschaftlicher zu sein als der sonst gewöhnlich dunkle Begriff der Anpassung, den ich absichtlich vermeide, weil man von der Anpassung gewöhnlich nichts weiter erfährt als das schon Angepaßtsein.

Nach allem, was hier mitgeteilt worden, glaube ich berechtigt zu sein

zu der Auffassung, daß Zusammensetzung und Aussehen der Flora der ostfriesischen Inseln in erster Linie durch den Wind bestimmt sind.

Er sorgt dafür, daß nur das erhalten bleibt, was seinen Angriff aushalten kann. Er wirkt dauernd auslesend, indem er alle aufrechten Pflanzen, die nicht durch ihre Gestalt und Anatomie besonders geschützt sind, ausschließt. Daher können denn die stattlichen aufrechten Ruderalpflanzen, obgleich sie auf den Inseln eingeschleppt sind, nicht in die Dünenflora eindringen, wo man sie auch selten findet. Sie flüchten sich in den Schutz der Häuser und gedeihen hier noch einigermaßen. Von den Dünen hält der Wind sie fern, und wenn man im Dorfe auf exponierten Plätzen eine Ruderalflora beobachtet, kann man sehen, wie auch bei ihnen der Kampf mit dem Winde beginnt und von einigen durch Übergang zum niedrigen Wuchs zu bestehen versucht wird. Auch hier bilden sich besondere Windformen aus. Bei dem etwas erhoben gelegenen Leuchtturm auf Borkum hat sich *Sarothamnus Scoparius* in einigen Exemplaren angesiedelt oder ist angepflanzt worden. Er hat kaum Ähnlichkeit mit dem unsrigen auf dem Festlande. Statt eines aufrechten besenförmigen Strauches bildet er hier niedrige breite Polster, deren Umrisse einer kleinen Düne ähnlich sind, über die der Wind dahingleitet.

Weitere Folgerungen.

Durch Zusammenfassung meiner Beobachtungen auf den ostfriesischen Inseln mit anderen Studien in dieser Richtung hat sich die Ansicht bei mir immer mehr befestigt, daß alle Pflanzen ohne Ausnahme gegen den Wind empfindlich sind, daß sie sich graduell in dieser Empfindlichkeit ihrer Blattorgane unterscheiden, daß es aber vollständig immune Pflanzen gegenüber jeder Windstärke nicht giebt.

Daraus muß ich den Satz ableiten, daß der Wind einer der wichtigsten pflanzengeographischen Faktoren ist, indem er bestimmend auf die Verteilung und auf die Zusammensetzung der Vegetation einwirkt.[1] Da wo ein Faktor so dominiert, wird man ihm mit Recht einen ebenso hervorragenden Platz einräumen müssen wie der Temperatur und Feuchtigkeit in anderen Gegenden.

So komme ich zu der weiteren Überzeugung, daß die auf den ostfriesischen Inseln gewonnenen Resultate sich auf andere Gebiete übertragen lassen und

[1] An die eminente Bedeutung des Windes für die Verbreitung der Samen und Früchte kann hier nur erinnert werden. Vgl. in der neueren Litteratur Kronfeld, Studien über Verbreitungsmittel der Pflanzen. Leipzig 1900.

zur Erklärung der Vegetationsverhältnisse zunächst anderer Strandgebiete einen Beitrag liefern werden.

Ziehen wir die eingehender behandelten Dünengebiete anderer Erdstriche in Betracht, so sind über diese allerdings ganz andere Ansichten ausgesprochen, als ich sie hier auf Grund meiner Beobachtungen verallgemeinern möchte. Zu einem Vergleich fordern in erster Linie die Dünenvegetationen auf, welche von Schimper und Warming, von dem ersten Forscher auf Java, von dem andern in Dänemark studiert worden sind. Ich muß bei meiner von der herrschenden grundverschiedenen Auffassung auf die genannten Arbeiten eingehen.

Beide ebengenannten Forscher haben auf Grund von Beobachtungen an verschiedenen Orten der Erde die Genossenschaften der Dünenpflanzen unter einen ähnlichen Begriff vereinigt. Warming nennt diese Pflanzenklasse «psammophil», Schimper bezeichnet sie als «Psammophyten».

Schimper schildert die Vegetation auf dem sandigen Meeresstrande Javas, welche nach seiner Angabe für die Vegetationsverhältnisse an solchen Staudorten überhaupt Gültigkeit beanspruchen kann. Wir lassen daher den kurzen Abschnitt hier folgen:

«Die Südküste Javas ist stellenweise von ganz ähnlichen Dünenlandschaften bedeckt, wie sie z. B. an der Nordsee so verbreitet sind. Hinter dem sandigen, hier kalkreichen Strande erhebt sich eine erste pflanzenarme Dünenreihe, hinter welcher mehr bewachsene Dünen den Übergang zur Binnenlandvegetation vermitteln. Nur der flache Strand und die dem Meere zunächst gelegenen Dünen zeigen in ihrer Vegetation die charakteristischen Einflüsse der Standorte. Erschwerte Befestigung am losen Substrat, erschwerte Wasserversorgung, Kampf gegen den Seewind oder Benutzung desselben zum Transport der Früchte auf der glatten Sandfläche lassen sich aus den merkwürdigen Gestalten geradezu herauslesen.»

«In klarster Weise vereinigen sich die erwähnten Anpassungen bei *Spinifex squarrosus*, einem steifen bläulichen Gras, mit großen kugeligen Blüten- und Fruchtständen, welch letztere aus langen radial geordneten Nadeln, den sehr langen Tragblättern, zusammengesetzt erscheinen, *Spinifex* bedeckt manchmal für sich allein, in zahllosen, anscheinend selbständigen Stöcken, die äußersten Dünen am indischen Meere, nähere Untersuchung ergieht in vielen Fällen, daß auch weit voneinander entfernte Stöcke durch federkiel- bis fingerdicke, im Sande mehr oder weniger vergrabene Stolonen verbunden sind,

[1] Warming, De psammophile Formationer i Danmark, Videnskab. Meddels. 1891 Kjøbenhavn.

Schimper, Pflanzengeographie, p. 196.

die an ihren Knoten Wurzeln und Blattbüschel erzeugen. Letztere verdanken ihr fahles Aussehen, ähnlich wie unsere Sandgräser, einem Wachsüberzug. Die Vorteile, welche eine solche Vegetationsweise an derartigen Standorten mit sich bringt, sind einleuchtend. Die kriechenden, durch zahlreiche tiefeindringende Wurzeln festgeankertrn Sprosse bieten dem Winde weit besseren Trotz und laufen weit weniger Gefahr, aus ihrem lockeren und beweglichen Substrat herausgerissen zu werden als aufrechte Pflanzen.[1] Es ist daher kein Wunder, daß sich andere Strandgewächse in ihrem Lebensmodus dem *Spinifex* anschließen, wie die in den Tropen nahezu ubiquitäre *Remirea maritima* oder die noch häufigere und verbreitetere *Ipomoea Pes caprae*, deren ungeheuer lange und weit bewurzelte kriechende Sprosse mit einem engmaschigen Netz den Sand bedecken und festhalten, oder auch die physiognomisch mit der *Ipomoea Pes caprae* nahe übereinstimmenden *Canavalia*-Arten u. s. w. In der nördlichen temperierten Zone befestigt der Helm, *Psamma arenaria*, durch seine ungeheuer langen und reich verzweigten Rhizome den lockeren Sand der Dünen, zusammen mit andren Gräsern, mit *Elymus arenarius*, *Agropyrum junceum* u. s. w. Allen diesen Gewächsen kommt die wichtige Eigenschaft zu, wenn sie verschüttet werden, aus dem Sande wieder herauszuwachsen.»

«Noch in manchen anderen Hinsichten zeigt sich bei *Spinifex squarrosus* ein enger Zusammenhang zwischen Struktur und Lebensweise, z. B. im Bau der Blätter, deren Wachsüberzug und Struktur die Schwierigkeit der Wasserversorgung auf den hohen, durchlässigen, zudem salzigen Dünen zum Ausdruck bringt. Ganz besonderes Interesse beansprucht jedoch der nahezu kopfgroße, aus steifen Borsten gebildete sphärische Fruchtstand. Zur Zeit der Reife bricht er von den abgetrockneten Stengeln ab und wird ein Spiel des Windes. Rollend und tanzend schnellt er auf der glatten Sandfläche dahin und läßt seine Früchte herunterfallen. Allmählich werden die Borsten abgenutzt und der schwer beweglich gewordene Fruchtstand wird im Sande mit dem Reste der Früchte begraben.»

«*Spinifex squarrosus* gehört nach seiner Wachstumsweise zu einem sehr verbreiteten Typus. Einen Typus für sich bilden dagegen die *Pandanus*-Arten des sandigen Strandes, welche sich durch elastische, von den Ästen herabwachsende Stützwurzeln im Sande festankern.»

---

[1] Obgleich mir nicht das Glück zuteil geworden ist, die Tropen besuchen zu können, zweifle ich nicht, daß das Verschwinden aufrechter Pflanzen am tropischen Strande nicht durch die Gefahr des Herausgerissenwerdens, sondern wie auf den Nordseeinseln bedingt ist durch den Angriff des Windes auf die Blätter. Andererseits halte ich das Vorkommen der *Spinifex*- und anderer tropischer Strandformationen dadurch bedingt, daß die Organisation ihrer Stengel und Blätter eine solche ist, daß sie dem Winde gegen Vertrocknen trotzen.

«Bei vielen Gewächsen des sandigen Meeresstrandes, allerdings vornehmlich bei solchen, die geschütztere Standorte bewohnen, kommen solche in die Augen fallenden Anpassungen nicht vor. Doch sind sie im Vergleich zu anderen Pflanzen stets außergewöhnlich reich und tief bewurzelt.»

Nach diesen Ausführungen Schimpers muß man die Organisation der Dünenpflanzen ausschließlich als eine Anpassung an den Sandboden auffassen, sie sind *Psammophyten*. Das Klima wird nicht in Betracht gezogen. Wenn auch vom Wind die Rede ist, so haben sich die Pflanzen doch lediglich mit ihren Wurzeln, Rhizomen und Fortpflanzungsorganen dem Andrang des Windes angepaßt. Von dessen auslesendem und damit die Flora gestaltendem Einfluß finden sich keine Andeutungen.

Warming hat in seiner oben citierten Arbeit die von ihm so bezeichnete «psammophile» Vegetation Dänemarks behandelt, in welcher eine Anzahl ähnlicher Anpassungen, wie sie Schimper für Java angegeben, zum Ausdruck kommen soll, Anpassungen an den sandigen, trockenen, beweglichen Standort.

Warming hat auch in seiner ökologischen Pflanzengeographie[1] die Beobachtungen an dieser Sandvegetation dargestellt.

Warming hat die Bezeichnung «psammophile» Vegetation eingeführt, auch Schimper benutzt neben dem meiner Ansicht nach besseren Ausdrucke «Psammophyten» den obengenannten. Es ist darauf hinzuweisen, daß die Bezeichnung «psammophile Pflanzen» eine Theorie enthält, welche meines Erachtens nicht begründet ist. Was beweist uns, daß die Pflanzen wirklich psammophil sind, d. h. daß sie eine besondere Zuneigung zu diesem Boden besitzen? Selbst wenn man in einigen von Warming geschilderten Organisationen eine Anpassung an den Sandboden erblicken will, so begreife ich nicht, wie man aus der Organisation auf die Psammophilie schließen kann. Man braucht nur auf die Dünenflora Borkums noch einmal hinzuweisen, um zu erkennen, daß das Äußere dieser Pflanzen nicht auf Vorliebe für gleiche Bodenbedingungen hinweist. Sagt doch auch Schimper p. 199 l. c.: «Bei vielen Gewächsen des sandigen Meeresstrandes, allerdings vornehmlich bei solchen, die geschützte Standorte bewohnen, kommen solche in die Augen fallenden Anpassungen nicht vor».

Man muß daraufhin sogleich fragen: warum denn nicht, da der Sandboden doch auch hier derselbe ist? Das Fehlen einer befriedigenden Antwort scheint mir zu beweisen, daß die Ansicht von der Psammophilie zum min-

[1] Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie, deutsche Ausgabe. Berlin 1896, p. 240—250.

desten ganz einseitig ist und daß noch andere Faktoren bei der Ausgestaltung der Sandvegetation mitspielen.

Es ist freilich die Warmingsche Ansicht die bequemere. Sie schließt unmittelbar von der Thatsache des Vorkommens auf die Ursache. Aber man wird zugeben, daß das kein Beweis, sondern ein bloßer Glaube ist. Einem Glauben ist aber natürlich schwer entgegenzutreten. Es könnte dies nur durch schwierige, zeitraubende Versuche geschehen, während die Anhänger der Psammophilie ein solches Material nicht glauben beibringen zu müssen, da die Beziehung von Boden und Vegetation ihnen unmittelbar einleuchtet. Wenn manchem das bloße Vorkommen der Pflanzengenossenschaft auf dem Sande für die Psammophilie zu sprechen scheint, so möchte ich doch darauf hinweisen, daß eine bloß auf einer Thatsache aufgebaute Hypothese ebensogut auf ganz falschen Wegen wandeln kann. Da die Dünen vom heftigen Winde beherrscht werden, so könnte man ganz mit demselben Recht, wie von psammophilen Pflanzen zu reden, durch das gleiche logische Verfahren die ganze Vegetation als anemophile bezeichnen. Es würde mit den heutigen Kenntnissen ebenso schwer sein, diese Ansicht zu widerlegen wie die Psammophilie. Ich habe erst in dieser Abhandlung nachgewiesen, daß die Dünenvegetation nichts weniger ist als anemophil. Gerade das Gegenteil ist der Fall. Sie kann höchstens windtrotzend (anemostat)[1] genannt werden. Man kann also durch solche weitgehende Schlüsse aus bloßen Thatsachen ganz irre gehen und dieser Möglichkeit unterliegt auch die Ansicht von den «psammophilen Pflanzen».

Ich kann in der Ansiedelung dieser Pflanzengenossenschaft auf Sandboden nur den Ausdruck dafür sehen, daß die Pflanzen hier ihre Existenz finden können, nicht, daß sie sie gerade hier suchen. Eine solche Anschauung könnte erst auf Grund ausführlicher vergleichender Kulturversuche ausgesprochen werden, die immerhin kein ganz leichtes Unternehmen wären, da man verlangen müßte, daß diese Versuche unter Berücksichtigung der übrigen natürlichen Bedingungen, abgesehen vom Boden, ausgeführt würden.

So lange wir über diese Punkte noch so wenig aufgeklärt sind, halte ich den Ausdruck «psammophil» für irreleitend. In Ingelheim am Rhein pflanzt man auf dem lockeren Sande, der an Dünen ungemein erinnert, zwischen lichten Kiefernbeständen und Strecken wilder, echter Sandvegetation, Weinreben. Diese Weinberge machen in solcher Umgebung einen höchst sonderbaren Eindruck. Sicher aber ist *Vitis* nicht deshalb psammophil, weil man ihn hier antrifft. Auch die Kulturpflanze muß eben aushalten, so gut es geht. Noch viel merkwürdiger erschienen mir in Spanien die unmittelbar

[1] oder «anemoskler».

am Meeresstrande gelegenen Weinfelder. Man kann sich kaum ein eigentümlicheres Bild denken, als Wein als Strandformation zu erblicken. Bei San Vicente zwischen Barcelona und Tarragona gehen die Weinberge beinahe bis an die Flutlinie. Man wird auch hier *Vitis* nicht als *«psammophil»* bezeichnen wollen, trotzdem er auf weiten Strecken im Sande kultiviert wird. Ebensowenig einzelne Exemplare des Feigenbaumes, die ich bei Tarragona, verloren im Sande des Strandes, dicht am Meere beobachtete.

Den niedrig kultivierten Wein schützt man an diesen Orten durch Hecken von *Agaven* gegen den Wind, was um so mehr gelingt, als die Weinberge nur in den durch ihre Lage geschützteren Buchten angelegt werden. Man kann aber an benachbarten, dem Winde ausgesetzten Standorten, an dort stehenden Bäumen gleiche Beobachtungen machen wie auf den Nordseeinseln. Pinien sind vom Winde verbogen und niedrig. Karuben *(Ceratonia)* sind niedrig und ihre Kronen zeigen genau die dachförmige Neigung dem Winde entgegen, hier nach Südosten, wie Erlengebüsche auf Norderney. Solche Karuben beobachtete ich besonders zwischen Barcelona und Sitges.

Diese Thatsachen scheinen mir durchaus mit gegen den Begriff *«psammophil»* zu sprechen. Gegen den Ausdruck Sandvegetation, meinethalb auch *Psammophyten*, ist nichts einzuwenden, sofern damit keine ursächlichen Beziehungen gemeint sind.

Aber die Frage selbst bleibt auch mit dieser Bezeichnung dieselbe, nämlich ob man ohne weiteres die Dünenvegetation als *Psammophyten* bezeichnen darf in dem Sinne, daß die Bodenverhältnisse nicht bloß die Ökologie der Pflanze, sondern auch die pflanzengeographische Formation als Ganzes bedingen.

Schimper bezeichnet die Strand- und Dünenvegetation als «edaphische Formation», d. h. als solche: «wo der Vegetationstypus nicht durch das Klima, sondern durch den Boden bestimmt ist. Das Klima wirkt in den edaphischen Formationen bloß nüancierend, ähnlich wie der Boden in den klimatischen Formationen.» (Schimper, Pflanzengeogr., p. 192.)

Ich bin durch meine Beobachtungen auf den ostfriesischen Inseln zu einem ganz entgegengesetzten Resultat gekommen und halte die Strand- und Dünenvegetation nicht nur hier, sondern ganz allgemein für eine ausgesprochen klimatische Formation. Der Boden spielt hier nur die Rolle wie in allen andern klimatischen Formationen. Er nüanciert, wie man mit Schimper sagen kann. Den Beweis dafür liefert der Vergleich dieser Sandformationen in verschiedenen Erdgebieten.

Der Grund, welcher mich zu dieser, von der herrschenden abweichenden Anschauung veranlaßt, ist der, daß es wohl gelingt, in der Ökologie einzelner

Pflanzenarten oder kleiuerer Gruppen Beziehuugen auch zum Boden zu erkennen, daß aber diese Beziehung nicht zureicht, wenn man die gauze Flora pflanzengeographisch zu verstehen sucht. Warming macht in seiner Abhandlung über die psammophile Vegetation Dänemarks die morphologische und anatomische Anpassung an den Sandboden sehr plausibel. Begnügt man sich aber nicht mit der kleinen Auswahl sogenannter typischer Psammophilen, sondern betrachtet z. B. die ganze Inselflora Borkums, dann reicht diese Beziehung nicht mehr aus. Beim Vergleich der trockenen Dünenthäler mit den feuchten Gebieten und mit den marschigen Außenweiden läßt die Psammophilie im Stich. Da hilft man sich dann mit der Auslegung: hier überwiegen ebeu andere Bodenwirkungen, in den feuchten Thälern werden die Pflanzen *Hygrophyten*, auf den Außenweiden *Halophyten* u. s. f. Aber gegenüber dieser Methode wirft sich die Frage um so dringender auf: Warum dann trotz alledem die große Übereiustimmung in dem niedrigen kriechenden Wuchs an alleu Örtlichkeiten? Warum verschwindet trotz des Wechsels des Bodens dieser einheitliche Charakter, den niemand leugnen kann, nicht?

Die Antwort ist, daß der Boden nicht der primäre Faktor sein kann. Hier kann nur ein allgemeingültiger, vom Boden unabhängiger Modifikator wirksam sein, das Klima.

Wenn ich hiermit der Ansicht Warmings, daß die Dünenvegetation durch den Sandboden und die damit zusammenhängenden Verhältnisse der Trockenheit, Beweglichkeit, Nahrungsmangel im wesentlichen erklärt sei[1], entgegentrete, so mag das manchem Leser der Bestimmtheit gegenüber, mit der Warming iu seiner Pflanzengeographie p. 240 ff. seine Lehrsätze formuliert hat, verwegen erscheinen. Ich bin jedoch der Ansicht, daß diese Lehrsätze Warmings nicht die genügende Basis besitzen, um unanfechtbar zu sein.

Warming findet einen vollkommenen Einklang der Ökologie der Sandpflanzen mit dem Boden. «Je beweglicher dieser ist, desto mehr fällt er den Arten mit weitkriechenden unterirdischeu Rhizomen und Wurzeln und mit lebhafter Bildung von Sprossen und Beiwurzeln anheim, den Arten, welche

[1] Es heißt l. c., p. 240: «Dia Vegetation, die sich auf dem losen Sandboden entwickelt, ist überall eigentümlich und verdankt ihm und den übrigen physikalischan Bedingungen, namentlich den Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnissen ihre Kennzeichen». Es ist auffallend, daß auch Warming, obgleich er in seinem Buche an anderen Orten auf die Bedeutung des Windes hingewiesen, doch dessen maßgebenden pflanzengeographischen Einfluß nicht erkannt hat und bei seinen Beobachtungen der dänischen Dünenvegetation alles durch Bodeneinfluß zu erklären sucht und diese wie Schimper nicht als klimatische Formation, sondern als edaphische ansieht.

ein Begraben ertragen können und durch die Sanddecke hinaufwachsen; je fester und ruhiger der Boden, desto mehr fällt er andern Lebensformen zu.»

Ich erblicke in der Feststellung dieser Übereinstimmung nur einen Teil der eigentlichen Aufgabe, die in der Erklärung für die Gestaltung der ganzen Formation, nicht bloß einzelner Pflanzen liegt. Einseitig erscheint mir auch die ganze Betrachtung, weil nur die Anpassung der unterirdischen Organe an den Standort zu erklären versucht wird, die Assimilationsorgane dagegen ziemlich schlecht wegkommen. Sie werden kurzerhand als xerophil bezeichnet und die Notwendigkeit der Xerophytennatur durch folgende Eigenschaften des Bodens begründet (l. c., p. 245).

Warming sagt: «Der Nahrungsmangel ist sehr groß; nur in den dem Meere am nächsten liegenden Dünen findet man etwas kohlensauren Kalk, der aus den Schalen der Meerestiere stammt; aber in den weiter entfernten Dünen ist er von dem kohlensäurehaltigen Wasser aufgelöst worden».

«Von Stickstoff und Humus ist äußerst wenig vorhanden; die gebildeten Humusstoffe werden schnell zu Kohlensäure und Wasser oxydiert und verschwinden. Die von der Sonne beschienene Düne erwärmt sich sehr stark und schnell: Die Wärme kann in der Oberfläche zur Mittagszeit im Monat Juli bis zu 50—80° (Giltay) steigen; warme Luftströmungen gehen vom Boden aus und treffen die Pflanzen. Das Licht wird vom Sandboden reflektiert und trifft die Blattunterseiten. Die Beleuchtung ist im ganzen stark.»

Wenn auf diese Bodeneigenschaften die xerophile Struktur zurückgeführt wird, so müßte vor allem die Richtigkeit dieser Lehrsätze feststehen. Sie scheinen mir aber noch einer eingehenden Prüfung zu bedürfen.

1. Der Nahrungsmangel ist sehr groß.

Das ist trotz der bestimmten Formulierung Warmings eine bloße Annahme. Analysen sind nicht aufgeführt, liegen, so viel ich weiß, auch noch nicht vor. Ich habe daher zwei Analysen ausführen lassen, welche hier mitgeteilt werden.

Analysen des Dünensandes von Borkum.

Es wurde analysiert I. reiner Sand einer Stranddüne,
II. humoser Sand eines Dünenthals.

Der letztere enthielt eine große Menge mit bloßem Auge sichtbarer Reste von Wurzeln und Stengeln und hatte außerdem durch die Beimengungen von Humusstoffen eine graue Farbe. Es ist durchaus unzutreffend, wenn Warming vom Dünensande allgemein behauptet, derselbe enthalte nur

Spuren von Humus, welche sehr schnell durch Oxydation verschwänden. Das ist dem Dünensande der Thäler gegenüber eine ganz unbegründete Behauptung.

Das Resultat der Analysen ist das folgende:

	I.	II.
Glührückstand, mit verdünnter Salzsäure	%	%
behandelt, gab an diese ab	0,66	0,99
Gesamtstickstoff	0,0400	0,0464
Phosphorsäure (P_2O_5)	0,0160	0,0192
Schwefelsäure (SO_3)	0,0086	0,0038
Kalk (CaO)	0,0350	0,0515
Magnesia (MgO)	0,0351	0,0418
Kali (K_2O)	0,0679	0,0354
Eisen und Thonerde ($Fe_2O_3 + Al_2O_3$)	0,2360	0,2715.

Chlornatrium war nicht nachweisbar. Eisenoxydul wurde qualitativ nachgewiesen.

Der in Salzsäure unlösliche Rückstand enthält:

Kieselsäure	97,45 %
Eisen und Thonerde	2,35 % (als Silikat)
Alkali	0,20 % (als Silikat)
Erdalkalien	0,0 %.

Die Analysen widersprechen zunächst der landläufigen Ansicht, daß der Dünensand reicher an Kochsalz sei. Der Sand der Stranddünen enthält kein Kochsalz. Ursprünglich vorhandenes wird offenbar schnell ausgewaschen. Ich kann, da *Salsola* und *Cakile maritima* die Stranddünen besiedeln, also hierin keinen Ausdruck ihres Salzbedürfnisses finden, sondern kann nur annehmen, daß sie aus den Helmpflanzungen wegen ihres besonderen Lichtbedürfnisses heraustreten.

Es geht ferner aus diesen Analysen hervor, daß die Behauptung Warmings, älterer Dünensand sei kalkärmer als der der Stranddünen, weil der Kalk durch kohlensaures Wasser fortgeführt werde, unrichtig ist. Der ältere Dünensand enthält in Borkum fast doppelt so viel Kalk. Auch Warmings Ansicht über den Gehalt an Nährstoffen kann ohne Analysen wenig bedeuten. Daß der Sandboden kein Boden erster Klasse ist, ist bekannt, allein der Ausdruck, der Nährstoffgehalt sei ein äußerst geringer, ist doch zu unbestimmt, um damit rechnen zu können.

Es giebt noch landwirtschaftlich benützte Böden, deren Gehalt an Stickstoff, Phosphorsäure, Kali und Kalk nicht höher ist als der des Dünensandes. Bessere Böden enthalten im Mittel das 4fache der oben angegebenen Zahlen.

Die ganze Vorstellung von der Nährstoffarmut des Sandbodens ist um so weniger maßgebend, als der praktische Landwirt den Sandboden nicht fürchtet, wenn die klimatischen Bedingungen nur günstig sind. Kann man doch in Deutschland sogar Roggenbau auf Sandboden beobachten, am Rhein auch Weinbau u. s. w. Daß der Boden nicht der maßgebende Faktor ist, weiß auch der ungarische Landwirt genau, welcher das Sprichwort im Munde führt: Das Wetter ist der Landwirt. Der Boden macht ihm keine Sorge. Selbst der Stickstoffgehalt ist im Dünensande nicht gleich Null, wie man nach den bisherigen Meinungen annehmen sollte, sondern übertrifft sogar die Phosphor- und Schwefelsäure.

Daß der Nahrungsmangel nicht die Gestaltung der Dünenvegetation beherrscht, geht daraus hervor, daß auf Borkum auf demselben Sandboden stattliche Bäume gedeihen, wenn nur Schutz vor dem Winde vorhanden ist. Ebenso ist es auch anderswo.

Die Behauptung, daß in den weiter entfernten Dünen der kohlensaure Kalk durch kohlensäurehaltiges Wasser aufgelöst werden soll, ist nicht verständlich, da gar kein Zufluß von kohlensäurehaltigem Wasser, sondern nur von Regenwasser stattfindet. Der Annahme, daß die Dünen des Innern nahrungsärmer seien, widerspricht, von der Analyse abgesehen, wieder die Thatsache, daß die Üppigkeit der Vegetation wenigstens auf Borkum im Innern zunimmt.

Die Frage nach dem Gewinn des Nährmaterials der Dünenpflanzen scheint mir nicht so einfach zu liegen, um sie mit einem unbewiesenen Satze abzuthun.

2. Von Stickstoff und Humus ist äußerst wenig vorhanden.

«Äußerst wenig» ist ein ganz relativer, nichtssagender Begriff. Auf Borkum ist auf großen Strecken der Sand grau gefärbt von beigemengtem Humus. In den Dellen ist der Sand häufig sehr reich an Wurzel- und Stengelresten, welche Humus liefern. Der analytisch festgestellte Gehalt an Stickstoff ist nicht so gering, wie der obige Ausdruck erwarten läßt.

3. Die gebildeten Humusstoffe werden schnell zu Kohlensäure und Wasser oxydiert und verschwinden.

Auch dieser Satz ist unhaltbar. Abgesehen von dem ebenbezeichneten sichtbaren Humusgehalt und der großen Menge humusbildender Reste spricht auch gegen das Verschwinden das reichliche Vorkommen von humusbewohnenden Hutpilzen auf Borkum im Herbst.

4. Das Licht wird vom Sandboden reflektiert und trifft die Blattunterseiten.

Da ein sehr großer Teil der Dünenpflanzen mit Blattrosetten oder kriechenden Sprossen dem Boden aufliegt, ist eine Beleuchtung der Blatt-

unterseiten durch vom Boden reflektiertes Licht eine in ihrer Allgemeinheit ganz unmögliche Annahme.

Somit finde ich in den Warmingschen Sätzen außerordentlich wenig Grundlagen für eine Erklärung des Charakters der Dünenvegetation. Dazu kommt, daß auch die sonst herrschenden Vorstellungen von den Feuchtigkeits- und Wärmeverhältnissen in den Dünen sehr ungenügende sind, so daß man in dieser Form mit ihnen ebensowenig rechnen kann.

Diese letzteren Verhältnisse scheinen mir ganz eigentümliche und interessante zu sein. In den pflanzengeographischen Handbüchern ist darauf gar nicht eingegangen, sondern man rechnet mit den auf der Hand liegenden Eigenschaften des Sandbodens: Beweglichkeit, Durchlässigkeit für Wasser, Wärmekapazität und hält den Sandboden, ohne der Sache auf den Grund zu gehen, unter Mitwirkung der angeblich starken Erwärmung bei Sonnenstrahlung für sehr trocken.

Ich habe in langen Trockenzeiten auf Borkum den Sand der Dünen an verschiedenen Stellen untersucht, und mich gewundert, ihn immer relativ feucht in geringer Tiefe zu finden, wenn auch die Oberfläche aus trockenem Flugsand bestand.

Ich kann mir dies nur so erklären, daß die durch Sonnenwärme und Wind ausgetrocknete nur wenige Centimeter dicke Oberflächenschicht eine Hemmung der Wasserabgabe aus der Tiefe bedeutet. Die oberflächliche Sandschicht stellt ein inniges Gemenge von Sandkörnern und Luft dar. Aber diese Luft ist mit Wasserdampf gesättigt und unbeweglich, und es muß also die oberflächliche Sandschicht genau wirken wie eine auf einer Flüssigkeit ruhende feuchte Luftschicht: sie wird weitere Austrocknung hemmen. Wenn nicht diese oder ähnliche Verhältnisse mitspielen, wäre es gar nicht verständlich, daß die Düne auch nach einen Monat dauernder Trockenheit nicht tief austrocknet.

Damit stimmen auch Beobachtungen anderer Forscher überein. Forchhammer giebt an, daß man auf dem Gipfel der jütländischen Dünen meist schon bei einem Fuß Tiefe auf feuchten Sand stößt.[1]

Andresen beobachtet im Dünensand in einer Tiefe von 1 Fuß nach langandauernder Trockenheit 2 %, nach Regenwetter 4 % Wasser, in größerer Tiefe steigt der Wassergehalt bedeutend.[2]

Aber es kommen noch andere Verhältnisse in Betracht, welche, wie mir scheint, bisher von der Pflanzengeographie ganz übersehen sind und welche die landläufige Ansicht von der excessiven Trockenheit der Dünengebiete modi-

[1] Geogn. Studien am Meeresufer. N. Jahrb. f. Min. 1891, p. 5.

[2] Andresen, Om Klitformationen, p. 106.

fizieren müssen. Es sind das die Grundwasserverhältnisse in den Dünen. Wenn man häufig von dem starken Kochsalzgehalt der Dünen liest, könnte man meinen, die Autoren seien der Ansicht, das Meerwasser steige in den Dünen auf und durchtränke bis zu einer gewissen Höhe den Boden.

Das ist natürlich falsch. Die atmosphärischen Niederschläge liefern auch hier das Grundwasser. Dasselbe steht aber wegen der Kapillarität des Sandbodens relativ hoch und muß schon dadurch günstigere Verhältnisse für die Pflanzen herbeiführen, welche, ohne auf flüssiges Wasser zu kommen, wenn ihre Wurzeln nur eine gewisse Länge erreichen, im ausreichend feuchten und durch Kapillarwirkung auch bei Verbrauch des Wassers durch die Wurzeln feucht bleibenden Boden wurzeln. Erst unterhalb des Grundwassers findet sich Meerwasser, welches sich nicht mit demselben vermischen kann wegen der verschiedenen specifischen Gewichte. Vielmehr ruht das reine Grundwasser auf dem Meerwasser.

Nach den Vorstellungen der Geologen schließt sich die Oberflächenform des Grundwassers der Dünenform an, erhebt sich innerhalb der Dünenberge und sinkt in den Thälern, so daß die Oberfläche des Grundwassers eine Wellenfläche darstellt. Durch das Steigen in den Dünen soll der Druck dieser Wassermassen auf das darunter befindliche Meerwasser ein größerer sein als in den Thälern. Das Meerwasser würde also herabgedrückt und bildet ebenfalls eine Wellenoberfläche in umgekehrtem Sinne. Ob diese Ansichten ganz richtig sind, lasse ich dahingestellt, richtig dagegen erscheint mir das Folgende.

Bei der Regenhäufigkeit auf den Nordseeinseln werden die Dünen immer wieder von oben angefeuchtet. Das Wasser sickert in die Düne hinein und da ein großer Teil kapillar festgehalten wird und ein gänzliches Versinken durch die Grundwasserverhältnisse bald ein Ende hat, so muß die Düne bis nahe zur Oberfläche feucht bleiben. Es scheint mir das so einleuchtend, daß es unnötig ist, zur Erklärung der Dünenfeuchtigkeit zu komplizierten oder unverständlichen Hypothesen zu greifen, z. B. zur Annahme «innerer Tbaubildung», wie dies von Gerhardt geschieht.

Es ist gelegentlich behauptet, die Dünen seien deshalb bis nahe zur Oberfläche feucht, weil das Grundwasser durch die Kapillarität des Sandes gehoben werde. Nach den Erfahrungen über die Hebekraft der Kapillarität möchte ich bezweifeln, daß das Wasser auf solche Höhen gehoben werden könne. Es scheint mir vielmehr wahrscheinlicher, daß das von oben kommende Regenwasser gar nicht vollständig abfließt, sondern kapillar festgehalten wird. Die obersten Sandschichten verhindern in der oben angegebenen Weise die Verdunstung in die Luft.

Es ist selbstredend, daß die Regenverhältnisse für den Ersatz des

Wassers maßgebend sind. Ich gebe daher hier für Borkum und Norderney eine Tabelle über die Regenmengen.

Regenmenge.

	Jährlich.	Frühling. März—Mai.	Sommer. Juni—August.	Herbst. Sept.—Novemb.
Norderney 1881/90[1]	682 mm	128 mm	214 mm	212 mm
Borkum 1877/95	712 »	125 »	215 »	230 ».

Zahl der Regentage (Niederschlag)

Borkum 1876/95	188	40	48	52.

Zum Vergleich gebe ich die jährlichen Niederschlagsmengen Deutschlands an[2]:

Norddeutsches Tiefland		61 cm
Mitteldeutsche Berglandschaften .		69 »
Süddeutschland		71 »
Vogesen (Rothlach).		154 »
Schwarzwald (Höchenschwand) .		138 »
» (Freudenstadt) . .		139 »
Harz (Clausthal)		143 »
Brockengipfel	über	170 »
Fuß der Nordalpen (Isny) . . .		139 ».

Demnach sind die Regenverhältnisse der Nordseedünen sehr günstige, zumal da der Regen sich auf alle Jahreszeiten verteilt und zur Zeit der Vegetation im Sommer der meiste Regen fällt. Von einem Vergleich mit sandigen Gebieten mit absoluter Trockenheit wie den Wüsten kann also gar keine Rede sein. Es ist erst das Eingreifen eines ganz neuen Faktors, des Windes, welcher die günstigen Verhältnisse für die Pflanzen zu ungünstigen umgestaltet.

Es scheint mir, daß diese Untersuchungen über die Dünen zu einer von der landläufigen Vorstellung abweichenden Ansicht drängen. Besonders scheinen mir die meisten der von Warming a priori aufgestellten Sätze über die Eigenschaften des Dünenbodens nicht bestätigt zu werden. Demnach können diese hypothetischen Eigenschaften um so weniger als Ursachen der Pflanzengestalt angesehen werden. Dem Winde wird von Warming wenig Gewicht beigelegt. Es wird zwar p. 37 und p. 246 seiner

[1] Der Zeitraum von 1881/90 war an der Nordseeküste im Vergleich zum langjährigen Mittel zu trocken. Die für Norderney gegebenen Niederschlagshöhen sind daher um 3 % zu erhöhen, um sie langjährigen Mitteln näher zu bringen.

[2] v. Bebber, Die Regenverhältnisse Deutschlands. 1877.

Pflanzengeographie auf die vertrocknende und mechanische Wirkung des Windes hingedeutet, aber weder der Einfluß des Windes auf die Pflanzengestalt noch auf die Begrenzung der Dünenflora erkannt. Es heißt vielmehr p. 246: «Im Einklange mit der Trockenheit, der Sonnenhitze und dem Nahrungsmangel steht das zahlreiche Auftreten kleiner einjähriger, schnell blühender Pflanzen».

Nun ist durchaus nicht ohne weiteres einzusehen, weshalb diese drei Faktoren, deren Annahme nach meinen obigen Ausführungen überdies problematisch erscheint, gerade das Vorwiegen einjähriger Pflanzen bedingen soll, um so weniger, als wir sonst unter gleichen Bedingungen in andern Erdgegenden gerade perennierende Pflanzen vorwiegen sehen. Dagegen kann man wohl begreifen, daß in einer Gegend, wo der Wind gerade den perennierenden Pflanzen das Leben erschwert, einjährige in größerer Artenzahl den Kampf bestehen können, die nur ein Jahr auszuhalten brauchen und dann, normale Samenbildung vorausgesetzt, mit frischen Kräften jedes Jahr neu beginnen.

«Die mehrjährigen Kräuter, die Gräser und die Sträucher», sagt Warming, «sind im ganzen niedrig.»

Auch für diese ist es eben nicht klar, daß die Ursache in den oben angegebenen Bodeneigenschaften liegen soll. Die Bedeutung des Windes für die Gestaltung hat Warming, wie schon oben hervorgehoben, a limine abgewiesen. Nur bei *Psamma* wird eine Beziehung zu der mechanischen Wirkung des Windes gesucht.

Bezüglich der Kategorie von niedrigen Dünenpflanzen heißt es p. 247, «daß die Blätter vieler Pflanzen dem Boden angedrückt sind, und daß viele Arten ihre Sprosse im ganzen wagrecht über dem Sande ausbreiten, vermutlich wegen der Wärmeverhältnisse».

Diese Ansicht scheint am wenigsten klar. Die Dünen erwärmen sich im Sommer durch die Sonnenstrahlung zwar oberflächlich beträchtlich, aber von einem höhern Wärmebedürfnis der Blätter ist doch im allgemeinen nichts bekannt. Es kommt aber hinzu, daß der Sand für die Wärme ein ebenso guter Ausstrahler als Einsauger ist und bei der nächtlichen Abkühlung die aufliegenden Blattrosetten also dem andern Extrem ausgesetzt sind. Es wäre ungewöhnlich, daß die Organe solche Extreme aufsuchen, wenn nicht ein wichtigerer Grund vorläge: der Schutz vor dem Winde, der die Existenz bedroht.

Man mag Warmings Auseinandersetzungen noch so eingehend studieren, zu einem zwingenden Grunde dafür, daß der Sandboden die Ursache der Pflanzenformen sei, gelangt man nicht. Es bleibt doch alles im

wesentlichen bloß eine Vermutung, für welche überzeugende Begründungen nicht beigebracht sind. Das gänzliche Beiseitelassen des Klimas ist zum wenigsten einseitig. Ich meinerseits zweifle nicht, daß, wenn anstatt des Sandbodens auf den Nordseeinseln ein anderer Boden vorhanden wäre, bei gleichbleibendem Klima keine wesentliche Änderung der Flora eintreten würde. Ich habe oben schon auf die gleiche Ökologie der Dünen- und Außenweidenpflanzen bei verschiedenstem Boden hingewiesen. Hier ist es klar, daß Sandboden keinen xerophilen Charakter bedingt.

Ich halte demnach den Begriff der Psammophyten, falls damit mehr als der bloße Standort ausgedrückt werden soll, nicht genügend begründet, den der Psammophilie sogar für unrichtig.[1]

Die Vegetation, welche man als psammophytische bezeichnet und als edaphische ansieht, halte ich für eine klimatische und erkenne als Ursachen in erster Linie Wind, Temperatur, Regenverhältnisse und Beleuchtung an. Daß auf den Nordseeinseln die Beleuchtung z. B. das Auftreten von Schattenpflanzen verhindert, ist klar und ebenso einfach sind die Wirkungen der Temperatur und Feuchtigkeit abzuleiten. Der Wind ragt aber in seiner Bedeutung an den bezeichneten Örtlichkeiten weit hervor.

Die Zusammengehörigkeit geographisch getrennter Formationen ändert sich dadurch nicht und es müssen sich die hier vorgetragenen Ansichten auch auf andere Strandgebiete übertragen lassen. Ich verweise bezüglich der Zusammensetzung tropischer Strandformationen auf die ausführlichen Arbeiten Schimpers[2] und auf die entsprechenden Kapitel in dessen Pflanzengeographie, p. 416.

Ein Teil der tropischen Strandflora zeichnet sich ebenfalls durch kriechenden Wuchs aus und *Ipomoea Pes caprae* hat mit manchen unserer Strandpflanzen, nicht in der Form, wohl aber in der Art des Wuchses Ähnlichkeit. Ich kann nur an *Atropis* auf Norderney erinnern, die dem Meere entgegenkriecht. Auch in den Tropen treten nach Schimpers Berichten erst in geschützten Lagen Sträucher und kleine Bäume auf. Die sich höher erhebenden *Pandanus*-Arten besitzen in ihren harten Blättern einen Schutz vor dem Winde, wie bei uns etwa *Psamma*. Kaum würden sie sich sonst an den exponierten Standorten halten können. Ich bin also der Ansicht,

[1] Man könnte für Psammophyten wohl auch den deutschen Ausdruck «Sandpflanzen» anwenden. Die Fremdworte wuchern in der botanischen Litteratur in geradezu erschreckender Menge hervor. Man prüfe doch einmal vorurteilsfrei, wieviel damit für die Erkenntnis gewonnen wird. Wir sehen auf die alten lateinischen Terminologien herab, machen es aber nicht viel besser.

[2] Schimper, Die Indo-malayische Strandflora. Jena 1891.

daß auch an den tropischen Küsten nicht der Boden, sondern der Wind die Auswahl der Strandflora bewirkt.

Die Halophyten.

Ich habe bei der Behandlung der Flora der ostfriesischen Inseln die sogenannten Halophyten absichtlich vorläufig beiseite gelassen, weil bei ihnen der Einfluß des Bodens, dessen Bedeutung mir im allgemeinen überschätzt zu sein schien, besonders deutlich sein soll, so daß gerade diese Fälle eine besondere Besprechung verlangen.

Man kann, trotzdem die Meinungen über die Halophyten meist ziemlich bestimmt in der einen oder anderen Richtung ausgesprochen werden, nicht behaupten, daß schon feste Grundlagen für eine Ansicht vorliegen. Was Warming in seiner Pflanzengeographie über die Halophytenvegetation sagen kann, erscheint sehr dürftig.

Es heißt p. 116: «Sie ist eine sehr extreme Vegetation, die an Salzboden gebunden ist und deren morphologische Eigentümlichkeit ebenfalls durch die Regulierung der Transpiration verursacht zu sein scheint».

Als Definition und Ausgangspunkt bedeutet das wenig. Was heißt «sehr extreme Vegetation»? Sichere Beweise, daß die Halophyten an Salzboden gebunden seien, liegen nicht vor. Die Versuche Hoffmanns, Fockes u. a. mögen unzureichend sein, sie sprechen aber mehr gegen die obige Ansicht. Das andere ist bloße Vermutung.

Schimper hat wohl die schwierige Frage der Beziehung von Pflanze und Kochsalzgehalt des Bodens am durchdachtesten behandelt. Er ist der Ansicht, daß der Kochsalzgehalt des Bodens eine Gefahr für die Pflanze mit sich bringe, indem sie mit dem Wasser zu reichlich das schädliche Kochsalz aufnähmen. Er hält deshalb eine Herabsetzung der Transpiration für geboten. Dies Ziel drückt sich in der That in der Gestalt vieler Halophyten aus. Der Zusammenhang ist einleuchtend und die Theorie hat allgemein Anklang gefunden. In seiner Pflanzengeographie hat Schimper jedoch diese allgemeine Theorie mit einer andern Ansicht verbunden, indem er wenigstens für einen Teil der Halophyten noch Kochsalzbedürfnis annimmt.

«Der Salzreichtum der Halophyten ist nicht ausschließlich durch denjenigen ihres Substrates passiv bedingt, sondern beruht zum großen Teil auf Salzhunger, denn die in der Natur an solchen Standorten wachsenden Pflanzen pflegen auch auf gewöhnlichem Boden größere Mengen Chlornatrium als die meisten Nichthalophyten aufzuspeichern.»[1]

[1] Schimper, Pflanzengeographie, p. 101.

Ohne diese Ansicht bloß auf dem Wege der Diskussion antasten zu wollen, kann ich doch nicht verhehlen, daß ich persönlich nicht in dem Maße wie Schimper von einem Salzbedürfnis der Strandpflanzen überzeugt bin. Die meisten gewöhnlich als Halophyten bezeichneten Pflanzen halte ich nicht für salzbedürftig. Eine Begründung durch begonnene Untersuchungen muß ich mir noch vorbehalten.

Einstweilen bin ich der Ansicht, daß die Halophyten nur deshalb auf kochsalzhaltigem Boden wachsen, weil sie das Kochsalz im Gegensatz zu andern Pflanzen in der am Strande gegebenen Konzentration ertragen können. Man muß jedoch noch hinzufügen: weil sie gleichzeitig den Standort der Beleuchtung wegen innehalten.

Dagegen kann ich ohne Vermehrung und Vertiefung der Begründung der Meinung nicht beitreten, daß die Organisation der Halophyten wesentlich ein Aufnehmen des Kochsalzes verhindern soll. Ich bin der Überzeugung, auf Grund meiner Beobachtungen über die Schädlichkeit des Windes, daß der xerophile Bau der Halophyten diese in erster Linie gegen den Wind schützt. Gerade diese, die offenbar zum Teil den Strand allein noch bewohnen, müssen um so mehr gegen den Einfluß des Windes Schutzmittel besitzen, dem sie schutzlos ausgesetzt sind.

Als hervortretende morphologische Eigenschaft der sogen. Halophyten wird besonders die Succulenz hervorgehoben (vgl. Warming l. c., p. 293). Man vermißt allerdings ausreichende Nachweise eines Zusammenhangs zwischen Kochsalzgehalt und Succulenz, aber dieser Nachweis ist schließlich für die endliche Bedeutung der Fleischigkeit auch nicht erforderlich. Es ist freilich auffallend, daß man nicht alle succulenten Küstenbewohner als Halophyten bezeichnet. Bei den *Kakteen* und *Agaven* der amerikanischen Küsten geschieht das z. B. nicht.

Ich selbst sehe auch keinen Grund für diese Bezeichnung ein, da ich hier wie bei den *Halophyten* die Succulenz als Windschutz auffasse und zwar als einen sehr wirksamen.[1] Auf den Nordseeinseln sind es außer *Psamma* die mehr oder weniger succulenten Strandpflanzen *Salsola*, *Cakile* und *Salicornia*, welche dem Winde mit Erfolg Trotz bieten und dort noch aushalten, wo alles den Rückzug antritt. Ich habe namentlich *Salicornia* beobachtet. Daß gerade diese Pflanze trotz der Verkleinerung ihrer transpirierenden Oberfläche durch den Mangel an Blättern der Gefahr des Austrocknens ausgesetzt ist, liegt ganz besonders in dem Mißverhältnis von Wurzel- und

[1] Bezüglich der *Kakteen* und *Agaven* spricht dafür auch deren Vorkommen auf den mexikanischen Hochebenen, wo andere Einflüsse der Küste ganz fortfallen.

Sproßsystem. Es ist auffallend, daß im Gegensatz zu anderen Dünen- und Strandpflanzen *Salicornia* ein ganz kurzes, nicht tief in den Boden dringendes Wurzelsystem besitzt, welches in keinem Verhältnis steht zu dem stattlichen oberirdischen Sproßsystem. Das Wurzelsystem ist meiner Ansicht nach in seiner Ausbildung gehindert, weil die Wurzeln an dem der Flut nahen Standorte bald auf das salzige Wasser des Meeres stoßen und dann nicht weiter wachsen. So steckt *Salicornia* nur eben in dem Sandboden, wo auch das auf dem Meerwasser schwimmende süße Grundwasser, durch jenes noch wenig verunreinigt, zu finden ist. Die Wasserversorgung ist dadurch eine mangelhafte, und bei dem stetigen Angriffe des Windes würde die *Salicornia* vertrocknen, wenn ihre Succulenz sie nicht schützte. Wie schnell das thatsächlich geschehen kann, wenn der Wind die beschränkte Wurzelthätigkeit völlig überwindet, kann man im Herbste beobachten, wo nach den ersten Herbststürmen die *Salicornien* als strohgelbe, völlig vertrocknete Mumien eines Morgens dastehen.

Auch dieser Teil der Inselflora stellt also dem hier aufgestellten Princip keine Schwierigkeiten entgegen, sondern läßt sich aus demselben erklären. Die Succulenz der «*Halophyten*» ist mit ihrem Standort eng verknüpft. Das ist auch der Grund, weshalb mir die Versuche zur Entscheidung des Kochsalzbedürfnisses nicht ausreichend erscheinen, weil man den klimatischen Faktor des Windes bei den Kulturen bisher nicht mit in Anschlag bringen konnte.

Wind und Vegetation.

Im Vorhergehenden habe ich versucht, auf Grund der gemachten Beobachtungen für die Strandformationen einen Beitrag zur Erklärung ihrer besonderen Gestaltung zu liefern. Ich glaube jedoch auf Grund meiner Beobachtungen auch einige allgemeine Sätze über das Verhältnis von Wind und Vegetation aufstellen zu können, an denen es bis jetzt völlig mangelt. Diese Sätze sind folgende:

1. Alle Pflanzen sind empfindlich gegen die austrocknende Thätigkeit des Windes. Immune Pflanzen giebt es nicht, sondern höchstens ein Maximum des Widerstandes bei einer relativ kleinen Anzahl Pflanzen.

2. Aus diesem Grunde und wegen der Häufigkeit von Winden in allen Klimaten ist der Wind einer der wichtigsten pflanzengeographischen Faktoren.

3. Die direkte Wirkung des Windes ist in der Regel auf die Blätter beschränkt und scharf charakterisiert gegenüber andern Beschädigungen. Das Absterben der Blätter bedingt auch das Absterben der Pflanze oder ihrer Teile.

4. Die Wirkung ist je nach der geographischen Lage graduell verschieden, daher die pflanzengeographische Elektion des Wiudes an Küsten, auf

den großen Ebenen der Kontinente und auf höheren Gebirgen aller Zonen am wahrnehmbarsten und von durchgreifender Bedeutung.

5. In den bezeichneten Erdgegenden wirkt der Boden nur modifizierend für die besondere Gestaltung der Organisation, ist aber nicht maßgebend für die Zusammensetzung der Formation.

6. Der Wind ist als die Hauptursache des Charakters der bezeichneten Formationen anzuseheu. Es überwiegen die Anpassungen an den Wind und dieser erhält, da er Nichtpassendes ausschließt, die Formation in ihrem Bestande oder entscheidet über Änderung durch einwandernde Formen.

7. Der Wind ist in allen Klimaten wirksam im Gegensatz zu anderen klimatischen Elementen. Daher ist speciell die Verbreitung des xerophilen Baues auf der ganzen Erde begreiflich, da er von Temperatur und Feuchtigkeit, den beiden bisher allein hervorgehobenen Faktoren, nicht in erster Linie abhäugig ist.

Diese Sätze sind keine Dogmen, sondern Folgerungen, welche sich aus den oben mitgeteilten Beobachtungen ergeben. Da sie somit eine wissenschaftliche Grundlage besitzen, muß es an der Hand derselben möglich sein, auch andere vom Wind beherrschte Gebiete der Erde einer Untersuchung zu unterwerfen.

Es scheint mir schon von Vorteil zu sein, daß zunächst mehrere andere Beobachtungen, welche von ihren Autoren nicht ohne Schwierigkeit gedeutet wurden, durch die vorliegende Arbeit bestätigt und befestigt werden.

Kihlmann, welcher in einem Kapitel seiner «pflanzenbiologischen Studien aus Russisch-Lappland» (Helsingfors 1890) sich mit der Ursache der arktischen Baumgrenze beschäftigt, hat das Verdienst, an Stelle der vagen Erklärungsversuche durch «Witterungsungunst» und ähnliche allgemeine Begriffe, auf Beobachtung gestützte Ansichten über das interessante Phänomeu ausgesprochen zu haben. Er wies zuerst darauf hin, daß weder Bodenverhältnisse noch die niedere Temperatur allein hinreichen, um das Aufhören und Verkümmern des Baumwuchses in jenen nordischen Breiten zu erklären (p. 61). Kihlmann hält die durch den Wind gesteigerte Verdunstung für den Hauptfaktor, der im Nordeu das Baumleben gewaltsam zurückdrängt. «Nicht die mechanische Kraft des Windes an sich, nicht die Kälte, nicht der Salzgehalt oder die Feuchtigkeit der Atmosphäre ist es, die dem Walde seine Schranken setzt, sondern hauptsächlich die monatelang dauernde ununterbrochene Austrocknung der juugen Triebe zu einer Jahreszeit (d. h. im Winter), die jede Ersetzung des verdunsteten Wassers unmöglich macht» (l. c. p. 79).

Dem Einwande, daß bei der in dortigeu Gegeuden zu Zeiten herrschenden Feuchtigkeit ein Austrocknen bezweifelt werden köune, begegnet Kihlmaun,

indem er diesen Angriff des Windes auf das Baumleben in den Winter verlegt (p. 79—80): «Die von mir angenommene Austrocknung beruht nicht auf einem großen Sättigungsdeficit der Luft, sondern auf dem anhaltenden Winterfrost. Auch in dem feuchtesten Klima nähert sich der Sättigungsgrad der Luft nur zeitweise dem Maximum und weicht bisweilen sogar ziemlich weit davon ab. Wie mehrseitige Erfahrungen lehren, kann die Verdunstung auch bei sehr niedrigen Temperaturen ziemlich ausgiebig sein und unbedeckte lebende Pflanzenteile werden daher auch bei Kältegraden etwas Wasser abgeben. Wenn aber die Wurzeln und Basalpartien der Zweige während 6—8 Monaten hart gefroren bleiben, so ist die Ersetzung des Verlorenen auf gewöhnlichem Wege von unten her abgeschnitten und alle Bedingungen für eine starke Verminderung des Wassergehaltes, eventuell für ein vollständiges Vertrocknen sind damit gegeben. Nun braucht es wohl nicht näher ausgeführt zu werden, daß eine Erhöhung der Windgeschwindigkeit auch eine Beschleunigung des Austrocknungsprozesses begünstigt.»

Nach Kihlmanns Ansicht sind die maßgebenden Ursachen des Vertrocknens zunächst das infolge der niedrigen Temperatur verlangsamte Saftsteigen, wozu die durch Wind gesteigerte Transpiration hinzukommt.

Auf den ostfriesischen Inseln fällt eine niedrige Bodentemperatur ganz fort, der Boden wird im Gegenteil am Tage durch die Sonne erwärmt. Da nun trotzdem der Wind hier die Blätter vollkommen austrocknen kann, so ist wohl jetzt kein Zweifel mehr möglich, daß dies in den arktischen Gegenden unter viel ungünstigeren Bedingungen der Wasserzufuhr um so mehr geschieht.

Das eigentliche Phänomen der Vertrocknung der Blätter durch Wind hat Kihlmann nicht beobachtet. Nur bei einem heftigen Sturm werden braune Flecke konstatiert. Kihlmann hat daher versucht, auf einem umständlicheren, experimentellen Wege nachzuweisen, daß man auch im Sommer, wo dort oben ebenfalls oft niedrige Bodentemperatur mit Wind zusammentreffen, analoge Erscheinungen wie im Winter erwarten könne (p. 90). Kihlmann experimentierte mit Kürbispflanzen, deren Wurzeln mit Eis erkältet wurden, während die Stengel und Blätter der Wirkung von Sonne und Wind unterlagen. Das Resultat war ein Welken der Pflanzen.

«Die Annahme liegt nun sehr nahe, daß ähnlich wie bei den Wurzelrindenzellen die jeweilige Temperatur für die Leistungsfähigkeit der arbeitenden Protoplasmaschläuche auch in Stamm und Blatt nicht gleichgültig, und daß die Quantität der bewegten Wassermenge von diesem Umstand in gewissem Grade abhängig sein kann. Es könnte also der Fall eintreten, daß der Saftstrom trotz hinreichenden Nachschubes von unten und trotz der verminderten Absorptionsfähigkeit der Luft dennoch nicht mit genügender

Schnelligkeit an die transpirierende Fläche gelangen könnte, wenn die Temperatur unter ein bestimmtes Minimum gesunken und die Verdunstung bei heftigen Luftströmungen eine relativ ausgiebige geblieben ist. Wir wissen allerdings, daß eine Abnahme der Lufttemperatur auch eine Verminderung der Transpirationsgröße zur Folge hat, aber inwieweit eine herabgesetzte Lebensthätigkeit der Parenchymzellen und eine davon herrührende verminderte Wasserzufuhr dabei maßgebend ist, wäre noch festzustellen. Wenn unten von dem Einfluß der Abkühlung auf den Transpirationsstrom die Rede ist, so ist daher in erster Linie die Abschwächung der Wurzelthätigkeit gemeint; als wahrscheinlich dürfen wir aber voraussetzen, daß auch die Protoplasmakörper in der Nähe der transpirierenden Flächen in gleichem Sinne beeinflußt werden» (l. c. p. 90).

In Kihlmanns Erklärungsversuchen spielt also die niedere Temperatur des Bodens und der Pflanzenorgane eine große Rolle, das Vertrocknen der Pflanzenteile wird mehr theoretisch abgeleitet, als beobachtet.

Ich halte es daher, indem ich die Ansicht Kihlmanns für durchaus richtig halte, für wichtig, daß meine Beobachtungen auf den ostfriesischen Inseln 1) das Austrocknen der Blätter durch den Wind thatsächlich beweisen, 2) darthun, daß dieses Austrocknen auch ohne niedere Bodentemperatur stattfindet.

Diese Beobachtungen lassen sich unmittelbar auf die arktischen Gegenden übertragen, während das Umgekehrte nicht wohl möglich ist, wie auch Kihlmann (l. c. p. 104, Absatz 2) andeutet.

Ich halte eine Bestätigung der Kihlmannschen Ansichten für um so wertvoller, als dieselben nicht völlig durchdringen konnten und Stenström in seiner lesenswerten Abhandlung[1] Kihlmanns Ansichten über die Windwirkung bezweifelt und durch eine recht komplizierte Erklärung zu ersetzen sucht. Die von Stenström aufgeworfene Frage (p. 152), ob Polarpflanzen einen stärkeren Transpirationsschutz benötigen als Pflanzen derselben oder anderer Art, die in südlicheren Breiten unter gewöhnlichen Verhältnissen vorkommen, kann ich bestimmter, als es ihm gelingen konnte, beantworten. Polarpflanzen bedürfen eines stärkeren Schutzes nur im Vergleich mit Pflanzen windstiller Gebiete, die geographische Breite kommt nicht in Betracht. In windigen Gegenden werden sich die Pflanzen südlicher Breiten nicht von den Polarpflanzen unterscheiden, da die Winde keinen direkten Zusammenhang mit der geographischen Breite wie die Temperatur besitzen. Die von Kihlmann

[1] Über das Vorkommen derselben Arten in verschiedenen Klimaten etc. Flora 1895, p. 158.

beschriebenen mattenförmig wachsenden Wacholder- und Birkensträucher in Russisch-Lappland scheinen mir ganz aus denselben Ursachen wie die kriechenden Sträucher auf den ostfriesischen Inseln einmal durch den Wind niedergedrückt und andrerseits durch seinen austrockuenden Einfluß niedrig gehalten zu werden. Kihlmann sagt: «Bei allen diesen Matten findet man die Jahrestriebe, insoweit sie sich über dem Niveau der umgebenden Moos- und Flechtenpolster erheben, vertrocknet und entblättert». Auch ohne diese Gegenden gesehen zu haben, glaube ich hier dieselbe Ursache zu erkennen wie auf den Inseln.

Es scheint auch ganz einleuchtend, daß der Wind die Sträucher geradezu zu ihren sonderbaren Formen zieht. Das stete Vertrocknen des sich erhebenden beblätterten Triebs muß ungefähr denselben Erfolg haben, als wenn die Sträucher vom Gärtner beschnitten würden. Ich bin ganz und gar der Ansicht Kihlmanns, daß die merkwürdigen tischförmigen arktischen Formen der Fichte, Birke etc. in erster Linie durch den Wind bedingt sind.

Auf die Frage einer Auswahl der arktischen Flora durch den Wind ist Kihlmann naturgemäß nicht eingegangen, da diese Frage in der vorliegenden Arbeit zum erstenmale aufgeworfen wird. Ich stehe nicht an, nachdem ich auf den ostfriesischen Inseln Thatsachen gefunden, welche dafür sprechen, daß der Wind durch Vernichtung des Unpassenden der Flora seinen Charakter aufdrückt, daß in der arktischen Flora genau dasselbe stattfindet und daß auch diese nur unter Berücksichtigung des klimatischen Faktors verstanden werden kann.

Es braucht kaum hervorgehoben zu werden, daß sich nach den hier gegebenen Gesichtspunkten eine Anzahl anderer pflanzengeographischer Thatsachen leicht verstehen läßt. In meiner Heimat Schleswig-Holstein ist ein ganz auffallender Gegensatz der West- und Ostküste vorhanden. An der Ostsee finden sich die herrlichsten Wälder, die Westküste ist bis nach Jütland hinein eine öde Heide ohne Baumwuchs, und ich bin überzeugt, daß nur der Wind allein hier entscheidend wirkt, da man auf jenen baumlosen Ebenen wohl auch Bäume antreffen kann, aber wie auf den Inseln nur im Schutz von Gebäuden.

Sind diese und ähnliche Ableitungen ohne weiteres zu machen, so dürfte es dagegen wohl gestattet sein, auf einige andere Gegenden etwas näher einzugehen, wo die Beziehung ohne Erörterung nicht so nahe liegt. Es sind dies z. B. die venezolanischen Paramos und die peruanischen Punas.

Alle Forschungsreisenden von Humboldt an bis auf die Neuzeit charakterisieren die Paramos und Punas durch ihre kalten, oft stürmischen Winde. Jedoch ist erst neulich von Goebel zuerst betont, daß die heftigen kalten

Winde dort auch die Vegetation in besonderem Maße beeinflussen.[1] Im allgemeinen huldigt er einer ganz ähnlichen Auffassung, wie sie Kihlmann für die arktischen Regionen aufgestellt, daß nämlich durch Zusammenwirkung von niederer Bodentemperatur und Wind Bedingungen geschaffen werden, welche der ausreichenden Wasseraufnahme Schwierigkeiten bereiten.

p. 10 heißt es: «Die größere Feuchtigkeit ermöglicht ohne Zweifel die größere Üppigkeit der Vegetation auf den Paramos gegenüber den Punas. Um so auffallender ist es, daß auch die Vegetation der ersteren in der Hauptsache einen deutlich «xerophilen» Charakter trägt. Es kommt eben nicht nur auf die Menge des zu Gebote stehenden Wassers, sondern auch auf andere Bedingungen an. Schon vor längerer Zeit hat Sachs gezeigt, daß die Wasseraufnahme aus dem Boden geknüpft ist an das Vorhandensein einer bestimmten Temperatur. Pflanzen können auch in einem wasserreichen Boden welken, wenn die Wasseranfnahme der Wurzeln durch die Temperaturerniedrigung des Bodens geringer ist als der Transpirationsverlust. Nun ist in den Paramos die Abkühlung des Bodens eine bedeutende und der Temperaturwechsel ein rascher, die Erwärmung durch die Sonne aber eine nur kurz dauernde und an den nassen Stellen wenig ausgiebige. Schon um 11 Uhr pflegen sich die Paramos mit Wolken und Nebel zu überziehen und auch vor dieser Tageszeit ist oft genug der Sonnenschein durch Nebel abgehalten. Die Wurzeln werden sich demnach in einem fast immer stark abgekühlten Boden befinden, und die Wasseraufnahme wird eine verhältnismäßig geringe sein. Andrerseits wird die Transpiration gesteigert durch die heftigen Winde und die verdünnte Luft. Diese Faktoren wirken zusammen zur Erklärung der eigentümlichen Thatsache, daß wir eine «xerophile» Vegetation antreffen an Standorten, die oft eher als naß, denn als trocken zu bezeichnen sind».

Ich glaube, daß Goebel in der Erkennung oder Bedeutung der Winde für die Paramovegetation ganz das Richtige getroffen hat. Ich möchte nach meinen Erfahrungen über die Windwirkung nur auf den Wind noch mehr Gewicht legen als auf die Bodenkälte, die zweifellos hier weniger wirksam sein dürfte als in den arktischen Gegenden mit gefrorenem Boden. Hier müßten wohl Messungen der Bodentemperatur der Paramos gefordert werden, um über den Einfluß dieses Faktors ein klares Urteil gewinnen zu können. Daß die Winde auf den Paramos in einer ähnlichen Konstanz und Heftigkeit wehen wie an der Seeküste, scheint mir nach den Schilderungen nicht zweifelhaft. Es sind danach hier dieselben Wirkungen auf die Pflanzenwelt, das Vertrocknen der Blätter zu erwarten. Leider liegen Beobachtungen nicht vor,

[1] Goebel, Die Vegetation der venezolanischen Paramos. Pflanzenbiolog. Schilderungen, Bd. II.

sondern es wird nur eine Schädigung der Pflanze durch die gesteigerte Transspiration vorausgesetzt, gegen die die Pflanzen durch ihre xerophile Struktur geschützt seien.

Meine Auffassung weicht davon etwas ab. Zunächst kann ich die Wirkung des Windes nicht als gesteigerte oder übermäßige Transpiration bezeichnen. Transpiration möchte ich bei den höheren Pflanzen nur den Vorgang der Verdunstung nennen, der durch die Organe der Transpiration, die Spaltöffnungen, vermittelt wird. Eine übermäßige Steigerung der Transpiration würde ein Welken der ganzen Blätter veranlassen. Wie ich gezeigt habe, tritt aber durch die Windwirkung ein Welken der ganzen Blätter nicht ein, sondern die Randgewebe vertrocknen, während das übrige Blatt kein Zeichen übermäßiger Transpiration erkennen läßt. Ich glaube, daß auch die Paramopflanzen genau denselben Angriffen des Windes ausgesetzt sind. Diese können durch niedere Bodentemperatur unterstützt werden, allein wir haben gesehen, daß dieser Faktor nicht notwendig ist, da auf den Nordseeinseln im wärmsten Sommer das Vertrocknen der Blätter durch den Wind eintritt.

Goebel faßt die auffallenden Organisationen der Paramopflanzen in erster Linie als Einrichtungen zur Transpirationsverminderung auf. Gewiß mit vollem Rechte. Durch die Erfahrungen über Windwirkung an den Seeküsten wird, wie ich glaube, die schon vorher von Goebel gemachte Voraussetzung, daß die Paramopflanzen besonderer Schutzvorrichtungen bedürften, noch bestätigt. Goebel hat pag. 17 seiner interessanten und inhaltsreichen Arbeit die Einrichtungen bezeichnet, welche namentlich als Schutz gegen die gesteigerte Transpiration anzusehen sind, und diese an einer Anzahl merkwürdiger Beispiele beschrieben. Die lederigen Blätter, Rollblätter und die reduzierte Blattoberfläche erscheinen ohne weiteres zweckentsprechend und als Schutz gegen das Vertrocknen der Gewebe. Als besonders wirksamen Schutz gegen die Windwirkung betrachte ich ebenso, wie Goebel dies als Transpirationsschutz besonders hervorhebt, die dichte Bedeckung der Blätter mit Wollhaaren. Nicht leicht wird man wirksamere Einrichtungen finden als die von Goebel beschriebene Behaarung der Espeletiaarten. Wo die Haarschicht das Blattgewebe so beträchtlich übertrifft, erscheint mir der Angriff des Windes ganz besonders erschwert. Die zwischen den Wollhaaren kapillar festgehaltene Luftschicht wird meiner Ansicht nach auch von starkem Wind nicht bewegt werden. Der Wind kann nach Belieben die Blätter mechanisch hin- und herbewegen, er wird aber nicht die kapillaren Luftschichten herausblasen können. So ist das Blatt, wenn es auch selbst bewegt wird, von einer ruhenden und feuchten Atmosphäre umgeben, die es nicht verläßt. Ich glaube, daß

auch bei anderen starkbehaarten Blättern der eigentliche Effekt der Behaarung ist, eine ruhende Luftschicht um das Blatt festzuhalten.[1]

Auch in den anderen von Goebel geschilderten Einrichtungen sehe ich mehr als Anklänge an die Formen der Inselflora. So im polsterförmigen Wuchs der *Azorella* der Paramos und der zum Vergleich von Goebel herangezogenen neuseeländischen einzigen *Raoulia*. Diese Polster erinnerten mich an die Polsterbildungen von *Sarothamnus* auf Borkum, ja auch an die in der Umrißform ebenfalls polsterförmig erscheinenden Erlengehölze auf den ostfriesischen Inseln. Ich glaube, wie ich es dort angegeben habe, daß auch bei den *Raoulien* und ähnlich gestalteten Pflanzen der Wind einfach keinen Angriffspunkt findet. Er kann in die Polster nicht eindringen und gleitet bei einiger Stärke unfehlbar über dieselben hinweg, erst hinter dem Polster wieder in Wirkung tretend. Auch die bodenständigen Blattrosetten finden sich hier wie an der See. In diesen selbst liegt natürlich kein Schutz vor dem Winde. Diese Pflanzen erleiden aber von selbst durch jede kleine Bodenerhebung einen Schutz und sind daher gerade hier im Kampf ums Dasein anderen höher wachsenden gegenüber in unleugbarem Vorteil.

Man könnte die eben bezeichneten Polster passend als «Windpolster» ganz allgemein bezeichnen. Sie sind mir schon früher bei einem Besuche Spitzbergens, wo ich schon auf den austrocknenden Wind aufmerksam wurde, an den dortigen Moosen aufgefallen. *Cynodontium*, *Aulacomnium palustre*, *Andreaea papillosa*, *Hypnum uncinatum*, *Pogonatum alpinum* u. a. bilden auffallende, scharf begrenzte, wie geschoren aussehende Polster, die aus dichtgedrängten aufgerichteten Moosstengeln bestehen. Die ganze Vereinigung bildet einen wirksamen Windschutz. Daß es sich hier um eine Anpassung an den dort stetig herrschenden Wind handelt, scheint mir dadurch bestätigt zu werden, daß die Formen sich der Vereinigung angepaßt haben. Schon Berggren[2] weist darauf hin, daß die Stengelformen, Verzweigung und Blattform der Moose Spitzbergens oft beträchtlich von der Form derselben Arten anderer Gegenden abweicht. Selbst Arten, die normal kriechenden Wuchs haben, richten sich auf, um diese Windpolster zu bilden.

Ich muß dann auch hier auf den Punas und Paramos eine noch andere Wirkung des Windes voraussetzen, auf welche Goebel nicht eingeht, nämlich die Auswahl des Windes.

---

[1] Die botanischen Lehrbücher sprechen freilich alle von dem Schutz, den Behaarung gegen Transpiration gewähren soll, ohne aber näher zu erörtern, wie das zu denken ist. Ohne weiteres ist jedoch dieser Punkt kaum klar. Ich halte daher die oben gegebene Ansicht nicht für überflüssig.

[2] Berggren, *Musci et Hepaticae Spitzbergenses*. Stockholm 1875.

Aus den an verschiedenen Orten gewonnenen Beobachtungen glaube ich schließen zu dürfen, daß keine Pflanze immun gegen Wind ist, daß aber die Pflanzen, welche sogenannten «xerophilen» Bau besitzen, am besten dem Winde widerstehen können. Daher erscheint es mir begreiflich, daß überall da, wo konstante stärkere Winde herrschen, die nicht einmal Stürme zu sein brauchen, eine «xerophile» Pflanzenwelt gefunden wird, so auch in den Paramos. Der Wind wird in den Regionen die Auswahl treffen und den Charakter der Flora bestimmen. Goebel hat pag. 7 die allmähliche Änderung der Flora beim Anstiege sehr lebendig geschildert. Während anfangs noch zartere Pflanzen uns umgeben, bleiben endlich die *Frailejons* und einige andere echte Paramopflanzen allein übrig. Sie können eben allein den Wind noch aushalten, alles andere wird vernichtet, weil es nicht passend organisiert ist.

Aber ich bin ebensosehr der festen Überzeugung, daß die *Espeletien* nicht deshalb übrig bleiben, weil sie ganz immun sind gegen den Wind, sondern weil sie das an ihrem Standort herrschende Maß gerade noch aushalten können. Ich halte die Paramopflanze ebensowenig wie eine andere Pflanze für absolut windbeständig. Auf diesen Satz habe ich schon oben besonderes Gewicht gelegt. Nach meiner Ansicht gibt es absolut windbeständige Pflanzen überhaupt nicht und es wäre ein arger Mißgriff, wollte man nach berühmten Mustern die an windigen Orten wachsenden Pflanzen als «anemophile» bezeichnen. Allerhöchstens sind sie anemostat.[1] Als solche kennzeichnen sich die *Frailejons* wohl ganz besonders. Doch wäre es interessant zu erfahren, ob die vertrockneten Blätter der *Frailejons*, von welcher Pflanze Goebel eine so unübertreffliche Abbildung veröffentlicht hat, bloß durch periodisches Absterben entstehen oder auch vom Winde vertrocknet sind. Durch die abgestorbenen Blätter erhält jedenfalls der aufrechte Stamm selbst einen wirksamen Schutz gegen den Wind.

Dennoch wird er an manchen Orten auch dieser Pflanze Herr werden können, wo örtlich seine Macht die Widerstandsfähigkeit der Pflanze übersteigt. Die xerophile Struktur reicht meist aus zum Schutz gegen Transpirationsextreme und gegen das Welken, aber nicht gegen das Vertrocknen durch Wind, wie die Beobachtungen an der xerophilen *Psamma* und *Hippophaë* lehren. Ich erkläre mir so die von Goebel p. 7 seiner Abhandlung betonte Thatsache, daß trotz des überall herrschenden Paramoklimas die Verteilung der *Espeletien* keine gleichmäßige ist und sie auf weite Strecken nicht mehr vorkommen. Kann man doch auf Borkum eine Vegetation von *Psamma* oder *Hippophaë* sehen und nahe dabei eine öde Düne, weil man schon mit dem

[1] Entsprechend der Wiesnerschen Bezeichnung der Verhältnisse von Vegetation zum Regen müßte man alle Pflanzen «anemophob» nennen.

Gefühl wahrnehmen kanu, daß dort die Pflanzen relativ geschützt stehen, hier ein schueideuder Wind durchfährt. Ich glaube also, daß nicht nur die von Goebel geschilderten Organisationen wirklich wesentlich Windschutz bedeuten, sondern daß der Wind auch die Zusammensetzung der Flora der Paramos beherrscht.

Und so wird es, um mich kurz zu fassen, auch in andereu Gebieten sein, wo der Wind den hervorstechendsten Faktor des Klimas bildet, wie auf den Falklandsinseln. Man würde zweifellos auch hier durch Beobachtung feststellen können, daß der Mangel an Baumwuchs nicht bedingt ist durch eine undefinierbare Ungunst des stürmischen Klimas, von der im allgemeinen in deu Berichten über jene Gegenden gesprocheu wird, sondern dadurch, daß der konstante Wind die Blätter vertrockuen würde. Auch hier kann sich daher nur eine niedrige und «xerophile» Vegetation halten.

Ich sehe auch ganz allgemein den xerophilen Bau weniger als Ausdruck trockenen Standortes als vielmehr als Ausdruck windigen Klimas an. Es scheint mir klar zu sein, daß dort, wo durch konstante Winde die Gefahr des Vertrocknens der Pflanzen vorliegt, der «xerophile» Bau das verständlichste Schutzmittel ist. Es scheint mir auch weniger wahrscheinlich, daß, wie allgemein bis jetzt angenommen wird, nur die Trockenheit des Bodens den xerophilen Bau erzeugt hat, ich glaube vielmehr, daß die austrocknende Wirkung des Windes eine viel größere Rolle bei der Ausbildung dieser Strukturen gespielt hat. Der ersten Annahme widerspricht schon, daß man xerophilen Bau auch bei Pflanzen findet, die auf feuchtem Boden, sogar im Wasser, wachsen. Sowohl die Pflanzen der Pußten als die der Sümpfe, Teiche und Flußufer sind xerophil gebaut. Bei der bis jetzt herrschenden Meinung des ursächlichen Zusammenhangs zwischen xerophilem Bau und trockenem Standort bleibt die zweite Kategorie ganz rätselhaft. Ich möchte deshalb besonders darauf hinweisen, daß die trockenen und nassen Standorte xerophiler Pflanzen meiner Ansicht nach doch ein Gemeinsames haben, was aber bisher nicht beachtet wurde.[1] Sowohl die Steppen als auch die Wasserflächen sind dem Winde dauernd ausgesetzt. Es sind daher an beiden Örtlichkeiten gleiche Pflanzenformen zu erwarten. Die verschiedene Bodenfeuchtigkeit spielt nur eine sekundäre Rolle und die xerophilen Formationen sind nicht, wie gelehrt wird, edaphische, sondern klimatische Formationen. Wenn man beobachtet, wie die Schilf- und Binsenvegetationen der Teiche und Flüsse stetig vom Winde bewegt

[1] Das leuchtet besonders aus Stenströms citierter Abhandlung hervor, der diese Frage interessant und ausführlich behandelt, aber trotz großer Mühe zu keiner Lösung gelangt, weil er den Wind nicht berücksichtigen konnte. Auf eine Menge von Stenström aufgeworfener Fragen erhält man, sobald man die Windwirkung heranzieht, eine Antwort.

werden, ist es eigentlich auffallend, daß niemand diesem Einflusse eine Bedeutung beigelegt hat.

Ich habe die Beobachtungen an großen windigen Teichen gemacht, daß die den Rand umsäumenden Roßkastanien und Ahorne, welche sich der Windseite zukehrten, deutlich den charakteristischen Windschaden zeigten. Um wieviel mehr würde also die ganz frei stehende Rohrvegetation leiden, wenn sie nicht in ihrer xerophilen Struktur Windschutz genösse.

Hervorzuheben ist, daß die Transpiration zunächst abhängt von der Leistungsfähigkeit der Leitungsbahnen. Diese sind der primäre und auch relativ unveränderliche Teil. Wird die Verdunstung durch äußere Verhältnisse gesteigert, so können die Leitungsbahnen dieser Anforderung nur bis zum gewissen Grade nachkommen, und zwar ist die Grenze niedrig.

Es ist festgestellt, daß die Geschwindigkeit des Transpirationsstromes zwischen 18,7 und 206 cm liegt. Wenn diese Grenzen auch weit sind, so ist die normale Leistung doch eine ganz mäßige. Die Leistungsfähigkeit der Wasserbahnen ist ganz auffallend gemäßigten Verhältnissen angepaßt. So ist es begreiflich, daß der Wind schon in einiger Stärke, sofern er nur konstant weht, einen eingreifenden Einfluß gewinnen kann. Die Pflanze kann sich gegen den trocknenden Angriff des Windes nicht durch Änderung ihrer Leitungsbahnen schützen. Nur die veränderlichen Gewebe können zu Schutzvorichtungen sich umgestalten und die Entstehung der xerophilen Einrichtungen in den äußeren Geweben ist begreiflich.

Unter allen Umständen bleiben also, wie allgemein angenommen, die xerophilen Strukturen Einrichtungen zum Schutz gegen Wasserverlust, aber sie sind offenbar nicht ein Ausdruck des trockenen Standortes. Daß diese Ansicht nicht immer stimmt, hat ja auch Schimper erkannt und er nimmt an, wo xerophile Pflanzen an feuchtem oder nassem Standort wachsen, daß hier «physiologische Trockenheit» vorliege, d. h. daß die Pflanzen aus diesem Boden nicht genug Feuchtigkeit aufnehmen könnten, was dann mit Trockenheit gleichbedeutend sei. Als Ursachen der «physiologischen Trockenheit» bezeichnet Schimper: 1. Geringer Gehalt des Bodens an freiem Wasser, 2. Reichtum an gelösten Salzen, 3. Reichtum an Humussäuren, 4. niedere Temperatur des Bodens, 5. Trockenheit der Luft, 6. Verdünnung der Luft, 7. Licht.

Man könnte vielleicht zweckmäßig auch bloß zwischen edaphischer und klimatischer Trockenheit unterscheiden, denn es ist doch anzunehmen, daß die Fähigkeit der Pflanzen, Wasser aufzunehmen, in unverändertem Maße vorhanden ist und diese Fähigkeit durch Boden und klimatische Einflüsse nur herabgesetzt wird.

Von solchen klimatischen Einflüssen scheint uns aber der Wind alle obengenannten weit zu überwiegen. Die Pflanzen scheinen im allgemeinen mit ihrer Wasseraufnahme der unbewegten oder schwach bewegten Atmosphäre angepaßt zu sein und befinden sich also dem Winde gegenüber fast immer unter ungünstigen oder abnormen Verhältnissen. Es wird daher, bei der Allgegenwart des Windes, die Verbreitung des xerophilen Baues in allen klimatischen Zonen verständlich. Bisher mußte es ungemein auffallen, daß man xerophile Pflanzen in Westindien so gut wie bei uns und in der arktischen Zone findet. Die xerophile Struktur ist eine ökonomische Einrichtung, ermöglicht die Existenz im trockenen Klima, verwehrt den Pflanzen aber nicht, auf feuchterem Boden Platz zu nehmen, wo sie den Kampf ums Dasein um so besser aufnehmen können.

Das zeigen auch einige Kulturpflanzen des Mittelmeergebietes sehr deutlich, vor allem der Ölbaum.

Dementsprechend kann ich auch die Rohrsümpfe mit ihrer xerophilen Vegetation nicht, wie es jetzt geschicht, als rein edaphische Formation ansehen, sondern halte sie bei ihrer Abhängigkeit vom Winde vorwiegend durch das Klima bedingt. Daß vielfach in einem sonst sehr trockenen Gebiet gerade die xerophil gebaute Vegetation das Wasser aufsucht, scheint mir dafür zu sprechen, daß diese Pflanzen nicht «xerophil» im Wortsinn sind.

Dieselben Verhältnisse würden dann auch für die Tropen gelten müssen.

Der xerophile Bau der *Mangroven* scheint bei ihrer Vegetation im Wasser eher ein Rätsel, als begründet. Erblickt man dagegen in dem xerophilen Bau Schutz vor der austrocknenden Wirkung des Windes, so wird die Anatomie begreiflich. Die *Mangroven* wachsen an dem Winde ausgesetzten Strandgebieten der Tropen, sie scheinen aber wegen ihrer Windempfindlichkeit mehr die geschützten Lagunen als die offene Küste aufzusuchen, und so erscheinen auch die *Mangroven* nicht als edaphische Formation.

Diese Ansicht scheint mir durch eine interessante Angabe von Schimper bestätigt zu werden.[1]

Sie lautet: «Mehrere Strandgewächse werden zu Buitenzorg in gewöhnlichem Boden kultiviert. Überall tritt da, obwohl sie vollkommen frei, der Sonne ausgesetzt, wachsen und das Substrat weniger naß ist als an den natürlichen Standorten, die xerophile Struktur auffallend zurück. Die Blätter der *Sonneratia acida* z. B. sind nicht mehr isolateral, sondern bifacial, weit dünner als in der *Mangrove*, die Spaltöffnungen sind nicht mehr eingesenkt, die Epidermis ist weniger dickwandig, schwächer kutikularisiert, die sonst stets auch bei allen

[1] Schimper, Über Schutzmittel des Laubes gegen Transpiration, besonders in der Flora Javas. Sitzungsber. d. preuß. Akad. d. W., 1890, p. 1050.

untersuchten Arten vorhandenen Schleimzellen zwischen den Palissaden fehlen, das Mesophyll ist lückig, das Sklerenchym, die tracheïdalen Erbreiterungen der Gefäßbündelenden sind nur noch schwach entwickelt. Das Blatt hat überhaupt das xerophile Gepräge beinahe ganz eingebüßt.»

Wenn man annimmt, daß xerophile Struktur mit der Trockenheit des Bodens zusammenhängt, so ist das geschilderte Verhalten unbegreiflich. Xerophile Pflanzen, auf einen trockeneren Boden als dem natürlichen Standort verpflanzt, behalten ihre xerophile Struktur nicht, sondern verlieren sie.

Ich muß nach meinen Beobachtungen in erster Linie den Wind am natürlichen Standort der *Mangroven* in Anrechnung bringen und finde es begreiflich, daß diese Pflanzen, in den windfreieren Garten verpflanzt, die xerophilen Schutzvorrichtungen entbehren können und verlieren.

Ich habe oben schon darauf hingewiesen, daß der Wind nicht nur an den Strandgebieten seine austrocknende Wirkung auf die Blätter ausübt, sondern daß man auch vom Meere entfernt ähnliche Wirkungen beobachtet. Es giebt nun in den Kontinenten in großer Anzahl Gegenden, welche ganz besonders dem Winde unterliegen, die großen kontinentalen Ebenen, welche man als Steppen zusammenfaßt und je nach ihrer geographischen Lage mit dem besondern Namen der Pußten, Llanos, Prärien, Pampas etc. bezeichnet.

Ein auffallender Charakter vieler dieser Steppen ist die Baumlosigkeit, über deren Ursache geklärte Ansichten nicht vorliegen. Mag bei den Pußten auch die geologische Thatsache maßgebend sein, daß es sich um einen alten Meeresboden handelt, auf dem ursprünglich Wälder nicht vorhanden sein konnten, so ist es doch auffallend, daß die Pußta baumlos bleibt. Es müssen hier doch klimatische Einflüsse von durchgreifender Bedeutung vorhanden sein, welche das Baumleben im allgemeinen unmöglich machen. Kerner hat sich schon über diesen Punkt geäußert[1], doch kann ich diesen Ausführungen nicht beistimmen. Kerner ist der Ansicht, daß die nächste Ursache für den Mangel der Wälder in den Pußten die Einschränkung der Jahresvegetation auf den kurzen Zeitraum von drei Monaten ist. Die Dürre des Sommers soll in der Steppe nach seiner Ansicht die Vegetationszeit so verkürzen, daß die Bäume nicht mehr ihre Vegetationsphasen zu durchlaufen vermögen.

Wenn nach Ende Juni die Trockenheit der Pußta so groß ist, daß ihre Oberfläche öde und verbrannt aussieht, so scheint doch in der Tiefe die Feuchtigkeit nicht überall zu mangeln. Kerner teilt es als eine überraschende Erscheinung mit, daß selbst auf den ödesten und kahlsten Flug-

[1] Kerner, Pflanzenleben der Donauländer, p. 30—31.

sandflächen schon in verhältnismäßig geringer Tiefe der Sand feucht ist. Es entspricht das der nicht unbedeutenden Regenmenge, die jährlich im Mittel 60 cm beträgt. Die Zahl der Regentage sinkt im Sommer zwar beträchtlich herab und wird vielleicht nur die Hälfte wie an unserer Küste, also etwa 26, betragen. Mögen aber auch die sommerlichen Verhältnisse der Temperatur und des Niederschlags sehr ungünstig für die Vegetation im allgemeinen sein, so erklären sie doch nicht vollständig die Baumlosigkeit und den Charakter der Steppenflora.

Auch hier ist der Wind von der pflanzengeographischen Litteratur nicht in Anrechnung gebracht worden, obwohl er das Klima in einer ganz hervorragenden Weise charakterisiert. Geht doch schon aus den ungarischen Volksliedern hervor, welchen Eindruck gerade der Wind als echtes Kind der Pußten schon auf den unbefangenen Beobachter macht. Die heftigen Stürme mit ihren Sandbewegungen drängen sich der Empfindung als vorübergehende Erscheinungen nicht so auf als der stetige Wind. Auch im Sommer beginnt er schon am frühen Morgen sich aufzumachen und weht bis Sonnenuntergang. Aber während an der See die Winde noch feucht sind und trotzdem zerstörend wirken, wehen auf der Steppe im Sommer trockene Nordost-, Ost- und Südostwinde. Ohne den Wind zu beachten, wie es bisher geschehen, bleibt es ganz rätselhaft, daß in der Pußta eine Flora auftritt, die zu einem Vergleich mit der Dünenflora herausfordert. Die Ähnlichkeit ist trotz der floristischen Verschiedenheit ganz auffallend, und es wäre wunderbar, wenn so verschiedene Bedingungen der Temperatur und Feuchtigkeit, wie sie an der See und in der Steppe namentlich in Bezug auf die jährliche Verteilung herrschen, eine so ähnliche Flora erzeugen und erhalten sollten. Vielmehr scheint mir die Vermutung berechtigt, hier einen gleichen klimatischen Faktor vorauszusetzen. Als solchen finde ich keinen andern als den Wind. Wie auf den Nordseeinseln macht die Flora hier den Eindruck der windtrotzenden, nur solche Pflanzen können hier aushalten. Es fällt schon das Vorwiegen der einjährigen in dieser Beziehung auf. Einen kurzen Sommer halten offenbar eine Menge Pflanzen stand und gewinnen am einfachsten die Möglichkeit der dauernden Heimat durch jährliche Fortpflanzung. Die perennierenden müssen dagegen bestimmte Eigenschaften haben, die mit dem Klima im Einklange stehen. Harte Gräser, wie die *Stipa*-Arten, *Caricineen*, niederliegende *Sileneen*, *Potentilla*-, *Trifolium*- und *Astragalus*-Arten, rosettenbildende *Kompositen* und zahlreiche dichtbehaarte Pflanzen, bilden auf der Pußta wie auf den Inseln die Hauptsache. Ist es dort der Wind, welcher diese Pflanzenformen allein duldet, so ist er wahrscheinlich auch hier der maßgebende Faktor. Auffallend ist, daß auch auf der Pußta

nur niederliegende Sträucher auftreten, wie dort, *Ononis repens, Salix repens*, auffallend sind ferner die Zwergformen anderswo größer werdender Pflanzen, wie von *Erythraea, Cichorium Intybus*, vieler *Sileneen* u. a., auffallend erscheint mir auch, daß auch manche angepflanzte Gewächse sich in der Pußta finden, die sich auf Borkum ebenfalls wohl zu fühlen scheinen, z B. *Lycium barbarum*. Ferner ist hervorzuheben die Übereinstimmung der sogenannten Halophytenflora auf den Inseln und in der Pußta. Wenn man hier ohne weiteres geneigt sein wird, diese Übereinstimmung auf das Vorhandensein reichlicher Salzmengen im Boden in beiden Gegenden zurückzuführen, so ist das kein sehr scharfes Urteil, da man doch bei der Annahme, es handle sich in beiden Fällen um nach Kochsalz dürstende Pflanzen, nicht genug in Anschlag gebracht hat, daß das Bodensalz an der Meeresküste Kochsalz ist, in der Steppe zum größten Teil aus Karbonaten besteht, so daß hier eine ganz auffallende Verschiedenheit der chemischen Natur des Bodens vorhanden ist.

Ich glaube um so weniger, daß die allgemein hervorgehobene Eigenartigkeit der Steppe, die Baumlosigkeit[1], bloß durch die Verhältnisse der Temperatur und Feuchtigkeit, wie Kerner dies annimmt, sich erklären läßt, als ganz ähnlich, wie auf den natürlich baumlosen Nordseeinseln, auf der Pußta Baumwuchs im Schutze der Dörfer, der Tanyas und Czardas möglich ist.

Die Frage einer möglichen Aufforstung bestimmter Teile der Pußta hängt meiner Ansicht nach in erster Linie von den Windverhältnissen an den betreffenden Lokalitäten ab. Wo der trockene Wind ungehindert und stark genug herrscht, wird eine Aufforstung nicht gelingen. Vielleicht ist es möglich, durch Anlegung von Schutzpflanzungen der am wenigsten empfindlichen Laubhölzer andere aufzubringen. Im zusammengeschlossenen Bestande werden die Bäume sich gegenseitig schützen, wie man dies auf den Inseln beobachtet, ob aber solche Bestände in der Steppe von langer Dauer sind, kann nur empirisch durch Forstkultur festgestellt werden. An unausgesetzt vom Winde bestrichenen Strecken würden die aufgewandten Mittel sich voraussichtlich nicht lohnen, denn es handelt sich um einen starken Feind.

Wenn in anderen Steppengebieten, z. B. den Llanos, Baumwuchs (Palmen) möglich ist, so müssen eben *Copernicia, Mauritia* und *Iriartea* dem Winde besonders gewachsen sein durch ihren Blattbau oder durch ihr Wasserleitungssystem. Die Palmen müssen meiner Ansicht nach besonders wider-

[1] «Das wesentlichste Merkmal der Steppe ist ja eben die ursprüngliche Baumlosigkeit» (Kerner).

standsfähig gegen den Wind sein, da sie durch ihre kolossale Höhe der austrocknenden Wirkung des Windes besonders ausgesetzt sind, selbst im Walde, wo sie mit ihren Kronen das Laubdach des Waldes zu überragen pflegen. Ihre Empfindlichkeit wird jedoch eine verschiedene sein und nicht umsonst werden in den Llanos nur wenige charakteristische Arten, die den Wind besonders gut aushalten können, wachsen. Auch bei den kultivierten Arten läßt sich eine solche verschiedene Empfindlichkeit beobachten. *Areca Catechu* erträgt den Wind nicht wie die Kokospalme.[1] Wahrscheinlich hält sich die Kokospalme deshalb am Meeresstrande, weil sie hier die nötige Luftfeuchtigkeit findet, die ihr im Binnenlande fehlt, sie besitzt genügende Widerstandsfähigkeit gegen den Wind, um den Kampf wagen zu können.

Auf die Pflanzen der Llanos zurückkommend, scheint mir *Mimosa pudica* besonders hervorgehoben werden zu sollen. Die merkwürdigen Bewegungserscheinungen dieser Pflanzen werden als Schutz gegen tierische Angriffe oder von andern als Schutz gegen Hagel und Regengüsse angesehen. Ich erblicke in dieser Einrichtung auch einen sehr wirksamen Schutz gegen austrocknende Winde. Durch das Zusammenlegen der Blättchen wird nicht allein die transpirierende Oberfläche sehr wirksam verringert und dabei noch die behaarten Blattflächen nach außen gekehrt, sondern es werdeu zwischen den zusammengeklappten Blättchen luftstille Räume geschaffen, auf die der Wind keinen Angriff ausüben kann, weil er wegen der Erschlaffung der Bewegungsorgane die Blätter wohl hin- und herschieben, jedoch die zusammengelegten und gesenkten Blattflächen viel weniger leicht treffen kann.

In Bezug auf weitere dem Winde unterworfene Gebiete ist noch auf die Savannen hinzuweisen, um so mehr, als für diese schon interessante Hinweise von Schimper[2] vorhanden sind, welche auf eine Beziehuug der Savannenbäume zum Winde bestimmt hindeuten.

Eine ganz auffallende Erscheinung ist das allgemeine Vorwalten von Bäumen mit schirmförmiger Krone in den afrikanischen Savannen. Schimper sagt über diese merkwürdige Baumform: «Daß diese Schirmform eine Anpassung an das Klima darstellt, geht daraus hervor, daß sie sich unter gleichen äußeren Bedingungen zeigt bei Vertretern sehr verschiedener Familien, so bei *Mimosaceen, Caesalpiniaceen (Cassia), Burseraceen, Myrtaceen* etc. Als Schutzmittel gegen übermäßige Transpiration, wie man es in einer offeneu xerophilen Formation erwarten würde, erscheint solches Ausbreiten des Laubes höchst ungeeignet. Als Schutzmittel gegeu die mechanischen und trocknenden Eigen-

[1] Semmler, Trop. Agrikultur, I, p. 638.
[2] Schimper, Pflanzengeographie, p. 373.

schaften des Windes ist sie im Gegenteil zweckentsprechend. Daß ein solcher Schutz aber in den offenen Gefilden der Savannen wie auf dem Hochgebirge von nöten ist, liegt auf der Hand. Ähnliches gilt von den Etagenbäumen *Terminalia Katappa*, *Bombax malabaricum* u. a., die ich ebenfalls nur an offenen Standorten und in ganz lichten Gebüschen gesehen habe. Vieles spricht dafür, und bereits Reiche hat es ausgesprochen, daß solche Schirmgestalten im Kampfe gegen den Wind als Schutzmittel entstanden sind, doch können allein Experimente zur Entscheidung führen.»

Ich zweifle nicht, daß diese Schirmform einen Schutz gegen das Vertrocknen der Blätter darstellt. Auf Norderney kann man beobachten, daß die Kronen von Erlenbeständen sich schirmartig gestalten und auch auf dem Bilde (2) läßt sich das an den Alleebäumen erkennen. Ich könnte auch auf Beobachtungen an der Ostseeküste bei Dievenow hinweisen, wo die Birke sich zu einem freilich nur einseitigen Etagenbaum durch den Wind ausgebildet hatte. Natürlich sollen diese Angaben nur zu weiteren Beobachtungen anregen, aber sie dürften doch wohl mit der von Schimper geäußerten Ansicht übereinstimmen.

Endlich werden die Beobachtungen über die Wirkung des Windes auf die Blätter auch auf die alpinen Verhältnisse ein Licht werfen. In den Alpen kann die Baumgrenze nicht allein von der Temperatur und von der Kürze der günstigen Jahreszeit, auf welche Kerner sie zurückführen möchte[1], abhängig sein. Die Winde werden hier dieselbe Rolle spielen wie anderswo. Daß es sich beim Absterben der Bäume an der Baumgrenze um Vertrocknen durch den Wind handelt, habe ich auf der Amthorspitze in Tirol und in andern Alpengegenden deutlich beobachten können. Ähnliche Anpassungen, welche die Dünenflora und Steppenflora an den Wind zeigt, finden sich auch bei der eigentlichen Alpenflora wieder, so daß eine kurze Hindeutung hier genügt, um Wiederholungen zu vermeiden. Kriechender und niedriger Wuchs, Rosettenform der Laubsprossen, Behaarung, Succulenz sind wesentlich Schutzeinrichtungen gegen den Wind. Es ist kaum anzunehmen, daß sie sich bloß infolge der Temperatur- und Bodenverhältnisse entwickelt haben. Ist doch selbst bei sehr trockenem Boden eine ausreichende Deckung des Transpirationsverlustes möglich, wenn kein Wind herrscht. Das kann man überall und bei den verschiedensten Pflanzen beobachten. Daß in den Alpen daneben auch das Licht eine Rolle spielt, ähnlich wie an den Küsten, brauche ich nicht hervorzuheben. Ich möchte also auch bei der alpinen Flora den klimatischen Einflüssen eine größere Bedeutung einräumen als den edaphischen. Vor allem wird auch für die Auswahl der alpinen Florabestandteile der Wind in ebenso wirksamer Weise in Betracht kommen wie in den oben berührten anderen Gebieten.

[1] Pflanzenleben der Donauländer, p. 32.

Wenn ich nun diese Erörterungen schließend noch einmal auf die Dünenvegetation, welche den Ausgangspunkt bildete, zurückgreife, so geschieht dies, um auf einige praktische Ableitungen hinzuweisen, die sich für die Dünenbepflanzung ergeben. Natürlich kann es nicht meine Absicht sein, anhangsweise auf den Dünenbau ausführlicher einzugehen, und ich maße mir nicht an, diese schon umfangreiche Technik durch einige kurze Bemerkungen umgestalten zu wollen. Allein bei aller Selbständigkeit jeder Praxis fußt diese doch nicht zum kleinen Teil auf den oft unscheinbaren rein wissenschaftlichen Beobachtungen und aus diesem Gesichtspunkte brauchen auch die hier gemachten Hinweise wohl nicht unterdrückt zu werden. Daß die Praxis aus sich nicht alle Fragen lösen kann, ist aus ihrer Litteratur ersichtlich.

Die Praktiker sind sich z. B. darüber durchaus nicht klar, ob an der deutschen Nordseeküste die für die Aufforstung der Dünen aufgewendeten Mittel vergeblich aufgewendet werden oder nicht. Es geht das aus den Äußerungen von Gerhardt[1] deutlich hervor. Es heißt dort l. c., daß die Überzeugung herrsche, klimatische Verhältnisse ständen einer Aufforstung entgegen. Der Verfasser selbst aber hält diese Ansicht wenigstens nicht überall für zutreffend. Bestimmte Gründe für beide Ansichten sind nicht beigebracht. Die klimatischen Verhältnisse sind nur als komplexer Begriff benutzt und nicht analysiert.

Aus diesem Grunde können denn auch allgemeine Sätze, welche über die Aufforstung der Dünen aufgestellt werden, noch wenig fruchtbar sein, denn ehe man den zu bekämpfenden Feind erkannt hat, wird man in den Kampfmitteln fehlgreifen. Gerhardt stellt in seinem Buche p. 455 folgende allgemeine Sätze als Anleitung zur Wahl der richtigen Holzarten für Dünenpflanzungen auf.

«Wir müssen folgende Eigenschaften von ihnen verlangen:

1. Größte Genügsamkeit und Anspruchslosigkeit an den Boden;
2. möglichst hohe Unempfindlichkeit gegen die schädlichen Einflüsse der herrschenden Winde und zwar:
   a) gegen das gegenseitige Peitschen und Reiben der Äste und Zweige,
   b) gegen das Anschlagen der Sandkörner und Eiskrystalle an die jungen Triebe, Nadeln, Blätter und Knospen;
3. Unempfindlichkeit gegen Winterfrost und plötzliche starke Wärmeschwankungen;
4. Sturmständigkeit (Windbruch und Windwurf);
5. die Fähigkeit, sich lange geschlossen zu halten und durch Laub- und Nadelfall den Boden zu bessern.

[1] Handbuch des deutschen Dünenbaues, p. 430.

Eine wie einfache, leicht zu befolgende Richtschnur für die Auswahl der Pflanzen zur Dünenbefestigung diese Sätze auch geben mögen, so wird trotz ihrer genauen Befolgung kein Erfolg eintreten und der Mißerfolg um so rätselhafter erscheinen. Das rührt daher, daß in diesen Sätzen die eigentliche Ursache der Baumfeindlichkeit im Seeklima nicht klar gelegt ist.

Ich würde nach meinen Beobachtungen ganz andere Sätze aufstellen.

Bodenverhältnisse, Temperatur, Feuchtigkeit und Licht stehen der Aufforstung der Dünen meiner Ansicht nach nicht entgegen. Unter Berücksichtigung der durch die Forstwissenschaft bekannten Eigenschaften der Holzarten würde die Aufforstung gelingen, wenn es sich nur um diese Bedingungen handelte. Der Zweifel an genügendem Nährstoffgehalt des Bodens erscheint mir ebenso ungerechtfertigt als die Meinung von ungünstigen Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnissen. Die mittlere Wintertemperatur auf Borkum ist 4,1°, die tiefste Wintertemperatur — 13,9°.

Es ist ganz allein der Wind, welcher der Aufforstung Schwierigkeiten, an der Nordsee wahrscheinlich unüberwindliche, entgegensetzt. Es ist nicht der Salzgehalt und das Sandtreiben des Windes (von den Eiskrystallen sehe ich ab), noch dessen mechanischer Anprall, sondern das Vertrocknen der Blätter durch den Wind, welches den Baumwuchs ohne Schutz unmöglich macht.

Den Ausspruch Gerhardts (l. c. p. 470), daß man überall, wo man die Bäume nicht aufbrächte, Fehler gemacht habe, entweder bei der Auswahl der Kulturflächen oder bei dem Kulturverfahren in der Mischung mit anderen Holzarten und im Verbande, halte ich nicht für gerechtfertigt. Man hat bisher nur den Wind ganz unterschätzt. Ich kann aus meinen Beobachtungen nur schließen, daß alle Pflanzen gegen den Wind sehr empfindlich sind. Am unempfindlichsten erscheinen die Succulenten, besonders *Kakteen*, die für uns nicht in Betracht kommen.[1] Immun gegen den Wind ist keine Pflanze, am wenigsten unsere Holzpflanzen. Das ist wenig tröstlich, aber dennoch kann nur die Kenntnis dieser Thatsachen das Urteil über das zu erstrebende Ziel klären, besonders unnötige Staatsausgaben verhindern.

Es ist offenbar, daß die Pflanzen graduelle Verschiedenheiten in Bezug auf Windempfindlichkeit zeigen. Erlen, Weiden sind resistenter als andere Laubbäume. Das erscheint mir begreiflich. Sind es doch Pflanzen, die auch

[1] Die *Agaven* scheinen mir trotz ihrer dicken Kutikula weniger widerstandsfähig zu sein als die *Kakteen*. *Agave americana* ist an der spanischen Küste eine auf weite Strecken verbreitete Strandpflanze und befindet sich offenbar hier leidlich. Auf in das Meer vorgeschobenen, windigen Standorten in einigen 100 Metern Höhe leidet sie vom Winde durch Austrocknen, z. B. auf dem Montjuich bei Barcelona.

im Binnenlande an windigeren Stellen wachsen, in offenen Brüchen, an den dem Winde ausgesetzten Flußufern, sie sind dem Windleben längst angepaßt. Aufgabe ist es also, für den Dünenbau die windbeständigsten Pflanzen auszuwählen. Hat doch die Praxis bei *Psamma* schon einen Erfolg gehabt, ohne zu wissen, warum. Es können hier selbstredend theoretische Überlegungen Fingerzeige geben. Niedriger Wuchs, wie bei *Pinus montana*, *Salix repens*, ist schon an sich Windschutz. Auch die anatomische Untersuchung käme in Betracht. So würde ich z. B. auf Grund dieser *Pinus austriaca* für windbeständiger halten als *Pinus silvestris*, weil jene unter ihrer dickwandigen Blattepidermis noch ein sklerenchymatisches Hypoderm besitzt.[1]

An der Nordseeküste und in Gegenden mit gleichen Windverhältnissen scheint mir aber die Aussicht auf Befestigung der Dünen mit Holzpflanzen geringer. Um so mehr wäre zu versuchen, die Oberfläche der Dünen durch geeignete rasenbildende Pflanzen zu befestigen.

Überall da, wo auch nur der geringste Schutz vor dem Winde sich darbietet, wird dagegen eine Pflanzung von Holzgewächsen nicht ohne Aussicht sein. Daher die besseren Erfolge an der Ostsee.

Darin stimme ich freilich mit Krause[2] vollständig überein, daß der Küstenwald unter allen Umständen nur Schutzwald sein kann und als solcher betrachtet und behandelt werden muß.

Ich zweifle nicht, daß auch für die Landwirtschaft die bestimmte Erkenntnis von der Schädlichkeit des Windes, wie ich sie hier dargelegt habe, von Bedeutung ist. Es ist mir in meiner Heimat Holstein schon früher klar geworden, daß die für das Land so charakteristischen Heckenpflanzungen nicht bloß Grenzpflanzungen sind, sondern daß die «Knicke» Windbrecher sind, die in den ausgedehnten Ebenen der Landwirtschaft Schutz gewähren. Es ist das freilich dort meist nicht klar, vielmehr pflanzt man die Knicke aus alter Tradition, ohne sich über deren großen Nutzen klar zu sein. Ich finde eine wertvolle Bestätigung dieser Ansicht in Thaer, System der Landwirtschaft, p. 90.

Thaer sagt, die dauernde Einfriedigung der Feldes mit lebenden Hecken oder Wällen sei germanischen Ursprungs, aber außer diesem nationalen Ursprung umfriedigten Landes seien auch klimatische Einflüsse maßgebend gewesen. Es heißt bei Thaer: «Wenn in Belgien, wo wir offenes und eingefriedigtes Terrain nebeneinander finden (les sables), die eingefriedigten Grundstücke eine durchweg höhere Rente geben, so ist dies zwar kein Beweis, daß es in der Zuckerrübengegend Braunschweigs sich ebenso gestalten würde; immer aber beweist

[1] Vergl. die Abbildung in Hansen, Ernährung der Pflanzen, p. 54.

[2] Krause, Der Dünenbau, § 56.

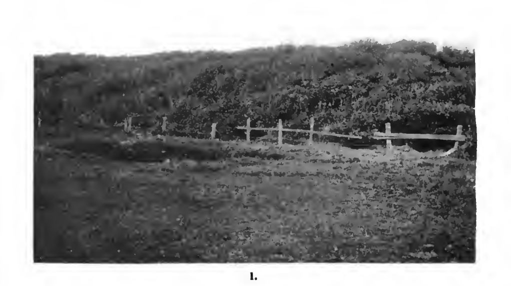
es für jene Gegenden Belgiens den Vorzug der Einhegung. Die allseitig zugegebenen Vorteile der Einhegung sind Schutz für Menschen und Vieh gegen die Unbill des Wetters, besonders der Südweststürme in den Küstengegenden, billige und bequeme Aufsicht des weidenden Viehes, beständige Gelegenheit, junges Holz zu Brenn- und Wirtschaftsbedarf zur Hand zu haben.»

Ich halte die Hecken nicht nur wegen der von Thaer hervorgehobenen Stürme von Vorteil, sondern auch da, wo ein konstanter oder wenigstens sehr häufiger Wind von 10—15 m Geschwindigkeit in der Sekunde herrscht.

Es wäre vielleicht wünschenswert, daß die Gesetzgebung, welche die Zustimmung beider Grenznachbarn verlangt, die allgemeinere Verbreitung von Hecken erleichterte.[1]

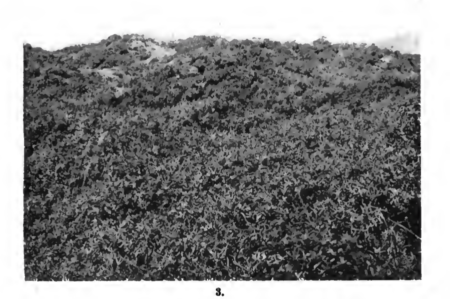
Ist es hier nicht möglich, für alle praktischen Fragen specielle Vorschriften zu geben, so glaube ich, daß aus der in dieser Abhandlung erörterten Bedeutung des Windes für die Pflanzen die verschiedensten Zweige praktischer Pflanzenkultur nicht unwichtige Folgerungen ziehen können.

[1] Vergl. Thaer, l. c. p. 110.



1.

2.



3.

94

4.

Tafelerklärung.

1. Erlengebüsch auf Norderney, durch den Wind dünenförmig gestaltet. Die dem Winde zugekehrte, weniger steile Böschung ist dem Beschauer zugewendet.

2. Gehölze von *Alnus glutinosa* auf Norderney, durch den Wind geformt. Im Vordergrunde rechts sind die Bäume durch Zusammenschließen geschützt. Das ganze Laubdach ist jedoch durch den Wind schirmförmig geworden. Die isolierten Birken links sind nach SO. gebogen und bis auf wenige Reste ganz entlaubt. Auch bei dem Erlengebüsch im Hintergrunde des Bildes hat das Laubdach eine gegen den Wind geneigte Fläche erhalten.

3. *Hippophaë*-Formation auf Borkum.

4. Stranddünen auf Borkum. Vegetation von *Psamma arenaria* mit kriechenden Formen von *Hippophaës rhamnoides*.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei in Darmstadt.

